

日本国特許庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日 2003年 1月29日
Date of Application:

出願番号 特願2003-020912
Application Number:

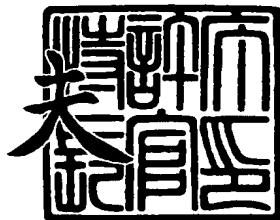
[ST. 10/C] : [JP2003-020912]

出願人 シャープ株式会社
Applicant(s):

2003年12月24日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今井康



【書類名】

特許願

【整理番号】

02J02102

【提出日】

平成15年 1月29日

【あて先】

特許庁長官 殿

【国際特許分類】

B41J 2/175

【発明者】

【住所又は居所】 大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シャープ株式会社内

【氏名】 石井 洋

【発明者】

【住所又は居所】 大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シャープ株式会社内

【氏名】 松下 真規

【発明者】

【住所又は居所】 大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シャープ株式会社内

【氏名】 上野 直純

【発明者】

【住所又は居所】 大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シャープ株式会社内

【氏名】 後藤 孝史

【発明者】

【住所又は居所】 大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シャープ株式会社内

【氏名】 ▲吉▼村 久

【発明者】

【住所又は居所】 大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シャープ株式会社内

【氏名】 中村 博一

【発明者】

【住所又は居所】 大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シャープ株式会社内

【氏名】 松本 啓男

【特許出願人】

【識別番号】 000005049

【氏名又は名称】 シャープ株式会社

【代理人】

【識別番号】 100080034

【弁理士】

【氏名又は名称】 原 謙三

【電話番号】 06-6351-4384

【選任した代理人】

【識別番号】 100113701

【弁理士】

【氏名又は名称】 木島 隆一

【選任した代理人】

【識別番号】 100116241

【弁理士】

【氏名又は名称】 金子 一郎

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 003229

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 0208489

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 画像形成装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

インクを保持する多孔質のインク収納体が収納されたインク収納部と、該インク収納部から印字ヘッドにインクを供給するインク供給経路とを備えた画像形成装置において、

上記インク供給経路内部にフィルタを備え、

上記フィルタの濾過精度を F (m) 、上記インク収納部に収納する前のインク吸収体のセル密度を N (個/m) 、上記インク収納部に収納される前に対する上記インク収納部に圧縮されて収納されたときの上記インク吸収体の体積比で示される圧縮比を R とすると、

$$F' < 1 / (N \cdot R)$$

(但し、フィルタの開口が円形の場合は $F' = F$ 、

$$\text{その他の場合は } F' = \sqrt{2} \cdot F$$

を満足することを特徴とする画像形成装置。

【請求項 2】

上記印字ヘッドのノズルの直径を D_N (m) とすると、

$$D_N < F' < 1 / (N \cdot R)$$

(但し、フィルタの開口が円形の場合は $F' = F$ 、

$$\text{その他の場合は } F' = \sqrt{2} \cdot F$$

を満足することを特徴とする請求項 1 記載の画像形成装置。

【請求項 3】

インクを保持する多孔質のインク収納体が収納されたインク収納部と、該インク収納部から印字ヘッドにインクを供給するインク供給経路とを備えた画像形成装置において、

上記インク供給経路内部にフィルタを備え、

上記インク吸収体は、上記インク収納部に収納される前に予め圧縮加工が施されており、

上記フィルタの濾過精度を F (m) 、圧縮加工前の上記インク吸収体のセル密度を N' (個/m) 、圧縮加工前に対する圧縮加工後の上記インク吸収体の体積比で示される圧縮比 (圧縮率) を R' とすると、

$$F' < 1 / (N' \cdot R')$$

(但し、フィルタの開口が円形の場合は $F' = F$ 、

$$\text{その他の場合は } F' = \sqrt{2} \cdot F$$

を満足することを特徴とする画像形成装置。

【請求項 4】

上記印字ヘッドのノズルの直径を D_N (m) とすると、

$$D_N < F' < 1 / (N' \cdot R')$$

を満足することを特徴とする請求項 3 記載の画像形成装置。

【請求項 5】

インクを保持する多孔質のインク収納体が収納されたインク収納部と、該インク収納部から印字ヘッドにインクを供給するインク供給経路とを備えた画像形成装置において、

上記インク供給経路内部にフィルタを備え、

上記フィルタの濾過精度を F (m) 、上記インク収納部にインクがフル充填されているときにインクを上記インク供給経路を介して上記印字ヘッドに供給しようとするときに生じるインク収納部の水頭圧を P_i (Pa) 、上記インク収納部におけるインクの粘性抵抗による圧力損失を P_μ (Pa) 、上記インクの表面張力を γ (N/m) 、上記インク収納部に収納する前のインク吸収体のセル密度を N (個/m) 、上記インク収納部に収納される前に対する上記インク収納部に圧縮されて収納されたときの上記インク吸収体の体積比で示される圧縮比を R 、上記インク収納部に圧縮されて収納されたときのインク吸収体の断面積を S (m^2) 、上記インク収納部に圧縮されて収納されたときのインク吸収体の高さを L (m) 、25°Cにおけるインクの粘度を μ_{25} (Pa·s) 、任意の温度 T_K (K) における粘度を μ_{TK} (Pa·s) とすると、任意の温度 T_K (K) において、

$$4 \cdot \gamma / F' > |P_\mu| + |P_i|$$

$$P_\mu = (k / A) \cdot [\mu_{TK} \cdot L \cdot (N \cdot R)^2 / S] \cdot Q$$

(但し、係数 $(k/A) = 485$)

$$\mu_{TK} = \alpha \cdot e \times p \quad (\beta / T_K),$$

$$\alpha = \mu_{25} / e \times p \quad (\beta / 298),$$

$$\beta = \ln [0.42 \cdot \ln(\mu_{25}) + 4.71] / (1/273 - 1/298)$$

(但し、フィルタの開口が円形の場合は $F' = F$ 、

$$\text{その他の場合は } F' = \sqrt{2 \cdot F}$$

を満足することを特徴とする画像形成装置。

【請求項 6】

上記印字ヘッドにおけるノズルの直径を D_N (m)、該ノズルのインク吐出口と上記インク収納部のインク供給口との間の水頭圧を P_h (Pa) とすると、

$$4 \cdot \eta / D_N - |P_h| > 4 \cdot \eta / F' > |P_\mu| + |P_i|$$

(但し、フィルタの開口が円形の場合は $F' = F$ 、

$$\text{その他の場合は } F' = \sqrt{2 \cdot F}$$

を満足することを特徴とする請求項 5 記載の画像形成装置。

【請求項 7】

インクを保持する多孔質のインク収納体が収納されたインク収納部と、該インク収納部から印字ヘッドにインクを供給するインク供給経路とを備えた画像形成装置において、

上記インク供給経路内部にフィルタを備え、

上記インク吸収体は、上記インク収納部に収納される前に予め圧縮加工が施されており、

上記フィルタの濾過精度を F (m)、上記インク収納部にインクがフル充填されているときにインクを上記インク供給経路を介して上記印字ヘッドに供給しようとするときに生じるインク収納部の水頭圧を P_i (Pa)、上記インク収納部におけるインクの粘性抵抗による圧力損失を P_μ (Pa)、上記インクの表面張力を γ (N/m)、圧縮加工前の上記インク吸収体のセル密度を N' (個/m)、圧縮加工前に対する圧縮加工後の上記インク吸収体の体積比で示される圧縮比(圧縮率)を R' 、上記インク収納部に圧縮されて収納されたときのインク吸収体の断面積を S (m^2)、上記インク収納部に圧縮されて収納されたときのインク

吸収体の高さを L (m) 、25°Cにおけるインクの粘度を μ_{25} (Pa·s) 、任意の温度 T_K (K) における粘度を μ_{TK} (Pa·s) とすると、任意の温度 T_K (K) において、

$$4 \cdot \eta / F' > |P_\mu| + |P_i|$$

$$P_\mu = (k/A) \cdot [\mu_{TK} \cdot L \cdot (N' \cdot R')^2 / S] \cdot Q$$

(但し、係数 $(k/A) = 485$)

$$\mu_{TK} = \alpha \cdot \exp(\beta / T_K),$$

$$\alpha = \mu_{25} / \exp(\beta / 298),$$

$$\beta = L \cdot \{0.42 \cdot \ln(\mu_{25}) + 4.71\} / (1/273 - 1/298)$$

(但し、フィルタの開口が円形の場合は $F' = F$ 、

その他の場合は $F' = \sqrt{2} \cdot F$)

を満足することを特徴とする画像形成装置。

【請求項 8】

上記印字ヘッドにおけるノズルの直径を D_N (m) 、該ノズルのインク吐出口と上記インク収納部のインク供給口との間の水頭圧を P_h (Pa) とすると、

$$4 \cdot \eta / D_N - |P_h| > 4 \cdot \eta / F' > |P_\mu| + |P_i|$$

(但し、フィルタの開口が円形の場合は $F' = F$ 、

その他の場合は $F' = \sqrt{2} \cdot F$)

を満足することを特徴とする請求項 7 記載の画像形成装置。

【請求項 9】

上記インク供給経路内のインクの有無を検出する検出器を備えていることを特徴とする請求項 1、3、5、7 の何れか 1 項に記載の画像形成装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、インクを貯留するインク収納部を備えた画像形成装置に関するものであり、より詳しくは、画像形成装置としてのインクジェット記録装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】

インクジェット記録装置は、記録用紙としてのシート上にインクを吐出することにより印刷を行う画像形成装置であり、一般的に、インクタンクを備えたインクカートリッジを備え、該インクカートリッジから、印字ヘッドにインクを供給することにより、該印字ヘッドから上記シート上にインクを吐出するようになっている。

【0003】

このようなインクジェット記録装置を使用する場合、インクエンプティ以前において、インク供給系に空気が混入すると吐出不良の原因となるので、インク吸収体やフィルタ等により空気の混入を防ぐ対策が広く用いられている。

【0004】

例えば特許文献1には、インク吸収体より下流側に実効透過寸法8 μ mのフィルタを設けて空気を捕獲すると共に、回復手段による吸引力を、空気がフィルタを通過しない圧力に設定することが開示されている。

【0005】

また、このようなインクジェット記録装置を使用する場合、使用者は、インクカートリッジ内のインクが尽きた時点で該インクカートリッジを交換する必要がある。このため、インクジェット記録装置は、インクカートリッジ内のインク残量を検出して使用者に知らせる必要がある。

【0006】

そのため、インク残量を検出することができる様々なインクカートリッジが提案されている。このようなインクカートリッジには、光学式のインクレベルセンサを用いて、インク供給系に空気を吸い込む以前にインクエンプティを使用者に知らせる方法が広く採用されており、コストダウンのために光学センサを電極に置き換えたものが用いられている。例えば、特許文献1には、インクタンク中に、インクを吸収するインク吸収体（フォーム材）を内蔵すると共に、該インクタンクと印字ヘッドとを接続するインク供給経路内にフィルタを備え、該フィルタの下流側、すなわち、インク吐出口側に、上記インク供給経路内のインクの有無を検出する電極を備えているインクカートリッジが開示されている。

【0007】

このようなインクカートリッジを用いたインクジェット記録装置は、インク吐出口側である印字ヘッド側から、上記フィルタを介してインクを吸い出すための負圧をかけることで、インクカートリッジから印字ヘッドにインクを供給するようになっている。そして、上記電極間に流れる電流により、インク供給経路内のインクの有無を検出している。つまり、インクカートリッジ内のインク残量が少なくなると、インク供給経路内にインクが存在しなくなり、上記電極間に電流が流れなくなる。このため、上記電極間に電流が流れなくなった場合を検出してインクエンプティとしている。

【0008】

【特許文献1】

特開2001-219583号公報（公開日：2001年8月14日）

【0009】

【特許文献2】

特開平3-288654号公報（公開日：1991年12月18日）

【0010】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、上記特許文献1においては、吐出動作時に気泡がフィルタを通過することを防止することについて何ら考慮されていない。

【0011】

また、上記特許文献1においては、インク吸収体に吸収されるインクの特性が考慮されていない。

【0012】

そして、上記特許文献2に記載の発明においては、N・Rが200を越すインク吸収体を用いることができず、インク吸収体の選択の幅が狭まっていた。

【0013】

また、上記特許文献2に記載の発明においても、上記特許文献1同様、インク吸収体に吸収されるインクの特性が考慮されていない。よって、インクの種類によっては、インクジェット記録装置において、連続排出時にインク供給不足が発

生したり、インクカートリッジ着脱時にインク漏れを起こす等の不具合が発生していた。

【0014】

また、上記したようにインク吐出口側である印字ヘッド側からフィルタを介してインクを吸引するための負圧がかかる場合、例えばフィルタの下流側の負圧が高くなりすぎると、印字ヘッドのノズル先端から空気を吸い込み、印字ヘッドが吐出不良を起こす可能性がある。また上記負圧が高くなりすぎることによりフィルタに捕獲された空気がフィルタを通過してしまう可能性があり、この空気が供給路を閉塞したり、印字ヘッドまで達する等して吐出不良を起こすおそれがあり、また、インク残量検出部に達すると、フィルタを通過した空気によって、上記電極間に電流が流れなくなり、誤ってインクエンプティと判断されるおそれがある。このように、インク供給圧力を、上記フィルタにかかる負圧よりも大きくすると、インク残量の低下以外の要因によりインク供給経路内に空気が混入し、インク残量検出の誤動作を招来するおそれがある。

【0015】

しかしながら、上記特許文献1、2では、上記問題点については何ら考慮されていない。

【0016】

本発明は、上記従来の問題点に鑑みなされたものであり、その目的は、インク残量の低下以外の要因による、インク供給経路内への空気混入を防止することができる画像形成装置を提供することにある。

【0017】

また、本発明のさらなる目的は、インクの連続吐出時に、インクエンプティ以前にインク供給系に空気が混入したり、もしくは、インク供給不足が発生したり、インクカートリッジ着脱時にインク漏れを起こすといった不具合の発生を防止し得るように、インク供給系の設計指針、好適にはインクの特性に応じたインク供給系の設計指針を有する画像形成装置を提供することを目的としている。

【0018】

また、本発明のさらなる目的は、インク吸収体の設計指針の選択の幅を広げる

ことができる画像形成装置を提供することにある。

【0019】

【課題を解決するための手段】

本発明にかかる画像形成装置は、上記課題を解決するために、インクを保持する多孔質のインク収納体（例えばフォーム材）が収納されたインク収納部（例えばインクカートリッジに設けられたインクタンク）と、該インク収納部から印字ヘッドにインクを供給するインク供給経路とを備えた画像形成装置において、上記インク供給経路内部にフィルタ（例えば上記インク収納部側のインク供給経路端部に設けられたフィルタ）を備え、上記フィルタの濾過精度をF（m）、上記インク収納部に収納する前のインク吸収体のセル密度をN（個／m）、上記インク収納部に収納される前に対する上記インク収納部に圧縮されて収納されたときの上記インク吸収体の体積比で示される圧縮比をRとすると

$$F' < 1 / (N \cdot R)$$

（但し、フィルタの開口が円形の場合は $F' = F$ 、

その他の場合は $F' = \sqrt{2} \cdot F$ ）

を満足することを特徴としている。

【0020】

インクを印字ヘッドに供給するとき、印字ヘッドがインクを吸引するのに必要な圧力、つまり、印字ヘッドのノズルのメニスカスによる圧力（インク吸引圧力）が、上記インク供給経路にかかる。このとき、上記のように設定することにより、インクタンク内で発生する負圧の臨界値はフィルタによって決まる。

【0021】

よって、上記の構成によれば、インクの表面張力によりインク吸収体で発生する負圧の臨界値を、該臨界値が、インクの表面張力により上記フィルタで発生する負圧、つまり、フィルタの開口部（網目）のメニスカスによる圧力（フィルタ圧）の臨界値より小さくなるように調整することができ、インクエンプティになる前にフィルタの網目に形成されたインクのメニスカスが破れ、空気がインク供給経路内に混入してしまうことが防止され、インクの消費に応じてインク吸収体のメニスカスが後退して安定したインク供給動作が可能となる。さらに、インク

残量の低下以外の要因、例えば、キャリッジ振動、気圧もしくは周囲温度変化等によりインク収納部のインク中に生じる気泡等はフィルタで捕獲され、インク供給経路中への空気混入を防止し、信頼性の高い印刷を行うことができるとともに、インクを無駄なく消費することができる。

【0022】

よって、上記の構成によれば、インクの連続吐出時に、インクエンプティ以前にインク供給系に空気が混入するといった不具合の発生を防止し得るように、インク供給系の設計指針を有する画像形成装置を提供することができる。

【0023】

また、上記の構成によれば、上記したようにインク供給時（インクエンプティ時を含む）の負圧を、バラツキの小さな濾過精度 F (m) で管理することができ、この結果、安定した負圧を得ることができる。

【0024】

本発明にかかる画像形成装置は、上記課題を解決するために、上記印字ヘッドのノズル（インク吐出ノズル）の直径を D_N (m) とすると、

$$D_N < F' < 1 / (N \cdot R)$$

（但し、フィルタの開口が円形の場合は $F' = F$ 、

その他の場合は $F' = \sqrt{2 \cdot F}$ ）

を満足することを特徴としている。

【0025】

上記の構成によれば、上記印字ヘッドのノズル（ノズル部）におけるインクのメニスカスによるインク吸引圧力の臨界値を、該臨界値が、フィルタの開口部でのインクのメニスカスによる圧力の臨界値よりも小さくなるように調整することができ、ノズル先端より空気を吸入してしまい、印字ヘッドが吐出不良となることを防止することができる。

【0026】

また、上記の構成によれば、フィルタの開口部に形成されたインクのメニスカスが破れて空気がインク供給経路内に混入してしまうことを防止することができると共に、インク収納部からインク供給経路内に不用意に空気を吸い込むことを

防止することができ、インク吸収体が保持しているインクを印字ヘッドにより有効に供給することができる。したがって、上記の構成によれば、インク残量の低下以外の要因による、インク供給経路中への空気混入をより一層防止し、インク残量検出の誤動作をより効果的に防止することができる。

【0027】

よって、上記の構成によれば、インクの連続吐出時に、インクエンプティ以前にインク供給系に空気が混入するといった不具合の発生を防止し得るように、インク供給系の設計指針を有する画像形成装置を提供することができる。

【0028】

本発明にかかる画像形成装置は、上記課題を解決するために、インクを保持する多孔質のインク収納体（例えばフォーム材）が収納されたインク収納部（例えばインクカートリッジに設けられたインクタンク）と、該インク収納部から印字ヘッドにインクを供給するインク供給経路とを備えた画像形成装置において、上記インク供給経路内部にフィルタ（例えば上記インク収納部側のインク供給経路端部に設けられたフィルタ）を備え、上記インク吸収体は、上記インク収納部に収納される前に予め圧縮加工が施されており、上記フィルタの濾過精度をF' (m) 、圧縮加工前の上記インク吸収体のセル密度をN' (個/m) 、圧縮加工前に對する圧縮加工後の上記インク吸収体の体積比で示される圧縮比（圧縮率）をR' とすると、

$$F' < 1 / (N' \cdot R')$$

（但し、フィルタの開口が円形の場合は $F' = F$ 、

その他の場合は $F' = \sqrt{2} \cdot F$ ）

を満足することを特徴としている。

【0029】

前記したように、インクを印字ヘッドに供給するとき、印字ヘッドがインクを吸引するのに必要な圧力、つまり、印字ヘッドのノズルのメニスカスによる圧力（インク吸引圧力）が、上記インク供給経路にかかる。このとき、上記のように設定することにより、インクタンク内で発生する負圧の臨界値はフィルタによって決まる。

【0030】

よって、上記の構成によれば、インクの表面張力によりインク吸収体で発生する負圧の臨界値を、該臨界値が、インクの表面張力により上記フィルタで発生する負圧、つまり、フィルタの開口部（網目）のメニスカスによる圧力（フィルタ圧）の臨界値よりも小さくなるように調整することができ、インクエンプティになる前にフィルタの網目に形成されたインクのメニスカスが破れ、空気がインク供給経路内に混入してしまうことが防止され、インクの消費に応じてインク吸収体のメニスカスが後退して安定したインク供給動作が可能となる。さらに、インク残量の低下以外の要因、例えば、キャリッジ振動、気圧もしくは周囲温度変化等によりインク収納部のインク中に生じる気泡等はフィルタで捕獲され、インク供給経路中への空気混入を防止し信頼性の高い印刷を行うとともにインクを無駄なく消費することができる。

【0031】

よって、上記の構成によれば、インクの連続吐出時に、インクエンプティ以前にインク供給系に空気が混入するといった不具合の発生を防止し得るように、インク供給系の設計指針を有する画像形成装置を提供することができる。

【0032】

また、上記の構成によれば、上記したようにインク供給時（エンプティ時を含む）の負圧を、バラツキの小さな濾過精度 F (m) で管理することができ、この結果、安定した負圧を得ることができる。

【0033】

本発明にかかる画像形成装置は、上記課題を解決するために、上記印字ヘッドのノズル（インク吐出ノズル）の直径を D_N (m) とすると、

$$D_N < F' < 1 / (N' \cdot R')$$

（但し、フィルタの開口が円形の場合は $F' = F$ 、

その他の場合は $F' = \sqrt{2} \cdot F$ ）

を満足することを特徴としている。

【0034】

上記の構成によれば、上記印字ヘッドのノズル（ノズル部）におけるインクの

メニスカスによるインク吸引圧力の臨界値を、該臨界値が、上記フィルタの開口部でのインクのメニスカスによる圧力の臨界値より小さくなるように調整することができ、ノズル先端より空気を吸入してしまい、印字ヘッドが吐出不良となることを防止することができる。

【0035】

また、上記の構成によれば、フィルタの開口部に形成されたインクのメニスカスが破れ、インク供給経路内に空気が混入してしまうことを防止することができると共に、インク収納部からインク供給経路内に不用意に空気を吸い込むことを防止することができ、インク吸收体が保持しているインクを印字ヘッドにより有効に供給することができる。したがって、上記の構成によれば、インク残量の低下以外の要因による、インク供給経路中への空気混入をより一層防止し、インク残量検出の誤動作をより効果的に防止することができる。

【0036】

よって、上記の構成によれば、インクの連続吐出時に、インクエンプティ以前にインク供給系に空気が混入するといった不具合の発生を防止し得るように、インク供給系の設計指針を有する画像形成装置を提供することができる。

【0037】

本発明にかかる画像形成装置は、上記課題を解決するために、インクを保持する多孔質のインク収納体（例えばフォーム材）が収納されたインク収納部（例えばインクカートリッジに設けられたインクタンク）と、該インク収納部から印字ヘッドにインクを供給するインク供給経路とを備えた画像形成装置において、上記インク供給経路内部にフィルタ（例えば上記インク収納部側のインク供給経路端部に設けられたフィルタ）を備え、上記フィルタの濾過精度を F (m)、上記インク収納部にインクがフル充填されているときにインクを上記インク供給経路を介して上記印字ヘッドに供給しようとするときに生じるインク収納部の水頭圧を P_i (Pa)、上記インク収納部におけるインクの粘性抵抗による圧力損失を P_μ (Pa)、上記インクの表面張力を γ (N/m)、上記インク収納部に収納する前のインク吸收体のセル密度を N (個/m)、上記インク収納部に収納される前に対する上記インク収納部に圧縮されて収納されたときの上記インク吸收体

の体積比で示される圧縮比を R 、上記インク収納部に圧縮されて収納されたときのインク吸収体の断面積を S (m^2) 、上記インク収納部に圧縮されて収納されたときのインク吸収体の高さを L (m) 、 25°C におけるインクの粘度を μ_{25} ($\text{Pa}\cdot\text{s}$) 、任意の温度 T_K (K) における粘度を μ_{TK} ($\text{Pa}\cdot\text{s}$) とすると、任意の温度 T_K (K) において、

$$4 \cdot \eta / F' > |P_\mu| + |P_i|$$

$$P_\mu = (k/A) \cdot [\mu_{TK} \cdot L \cdot (N \cdot R)^2 / S] \cdot Q$$

(但し、係数 $(k/A) = 485$)

$$\mu_{TK} = \alpha \cdot \exp(\beta / T_K),$$

$$\alpha = \mu_{25} / \exp(\beta / 298),$$

$$\beta = \ln \{0.42 \cdot \ln(\mu_{25}) + 4.71\} / (1/273 - 1/298)$$

(但し、フィルタの開口が円形の場合は $F' = F$ 、

$$\text{その他の場合は } F' = \sqrt{2 \cdot F}$$

を満足することを特徴としている。

【0038】

上記の構成によれば、インク吸収体で生じる負圧を、該負圧が、フィルタの開口部におけるインクのメニスカスの負圧の臨界値よりも小さくなるように調整することができ、フィルタの開口部に形成されたインクのメニスカスが破れ、インク供給経路内に空気が混入してしまうことを防止することができる。このため、上記の構成によれば、インク残量の低下以外の要因による、インク供給経路中の空気混入を防止し、インク残量検出の誤動作を防止することができ、品位に関して信頼性の高い印刷を行うことができる。

【0039】

よって、上記の構成によれば、インクの連続吐出時に、インクエンプティ以前にインク供給系に空気が混入するといった不具合の発生を防止し得るように、インクの特性に応じたインク供給系の設計指針を有する画像形成装置を提供することができる。

【0040】

また、上記の構成によれば、上記したようにインクエンプティ時の最大負圧を

、バラツキの小さな濾過精度 F (m) で管理することができ、この結果、安定した負圧を得ることができる。

【0041】

本発明にかかる画像形成装置は、上記課題を解決するために、上記印字ヘッドにおけるノズル（インク吐出ノズル）の直径を D_N (m) 、該ノズルのインク吐出口と上記インク収納部のインク供給口との間の水頭圧を P_h (Pa) とすると

$$4 \cdot \eta / D_N - |P_h| > 4 \cdot \eta / F' > |P_\mu| + |P_i|$$

（但し、フィルタの開口が円形の場合は $F' = F$ 、

その他の場合は $F' = \sqrt{2 \cdot F}$)

を満足することを特徴としている。

【0042】

上記の構成によれば、インク供給時、特に、インクエンプティ直前におけるインク供給時にフィルタでリークする圧力が、上記印字ヘッドのノズルの臨界圧を越えることなく適宜管理でき、上記ノズルからの空気の吸い込みを防止することができると共に、インク供給経路に向かう異物を効果的に濾過することができ、上記ノズルによる吐出動作の信頼性を高めることができる。

【0043】

よって、上記の構成によれば、インクの連続吐出時に、インクエンプティ以前にインク供給系に空気が混入するといった不具合の発生を防止し得るように、インク供給系の設計指針を有する画像形成装置を提供することができる。

【0044】

本発明にかかる画像形成装置は、上記課題を解決するために、インクを保持する多孔質のインク収納体（例えばフォーム材）が収納されたインク収納部（例えばインクカートリッジに設けられたインクタンク）と、該インク収納部から印字ヘッドにインクを供給するインク供給経路とを備えた画像形成装置において、上記インク供給経路内部にフィルタ（例えば上記インク収納部側のインク供給経路端部に設けられたフィルタ）を備え、上記インク吸収体は、上記インク収納部に収納される前に予め圧縮加工が施されており、上記フィルタの濾過精度を F (m) 、上記インク収納部にインクがフル充填されているときにインクを上記インク

供給経路を介して上記印字ヘッドに供給しようとするときに生じるインク収納部の水頭圧を P_i (Pa) 、上記インク収納部におけるインクの粘性抵抗による圧力損失を P_μ (Pa) 、上記インクの表面張力を η (N/m) 、圧縮加工前の上記インク吸収体のセル密度を N' (個/m) 、圧縮加工前に対する圧縮加工後の上記インク吸収体の体積比で示される圧縮比 (圧縮率) を R' 、上記インク収納部に圧縮されて収納されたときのインク吸収体の断面積を S (m²) 、上記インク収納部に圧縮されて収納されたときのインク吸収体の高さを L (m) 、25℃におけるインクの粘度を μ_{25} (Pa·s) 、任意の温度 T_K (K) における粘度を μ_{TK} (Pa·s) とすると、任意の温度 T_K (K) において、

$$4 \cdot \eta / F' > |P_\mu| + |P_i|$$

$$P_\mu = (k/A) \cdot [\mu_{TK} \cdot L \cdot (N' \cdot R')^2 / S] \cdot Q$$

(但し、係数 $(k/A) = 485$)

$$\mu_{TK} = \alpha \cdot \exp(\beta / T_K),$$

$$\alpha = \mu_{25} / \exp(\beta / 298),$$

$$\beta = L \ln \{0.42 \cdot L \ln(\mu_{25}) + 4.71\} / (1/273 - 1/298)$$

(但し、フィルタの開口が円形の場合は $F' = F$ 、

その他の場合は $F' = \sqrt{2} \cdot F$)

を満足することを特徴としている。

【0045】

上記の構成によれば、インク供給時、フィルタの開口部におけるメニスカスによる圧力の臨界値を、上記印字ヘッドのノズルのメニスカスによるインク吸引圧力の臨界値を越えることなく適宜管理でき、上記ノズルからの空気の吸い込みを防止することができると共に、フィルタの開口部におけるインクのメニスカスの負圧の臨界値に対してインク吸収体で生じる負圧を小さく調整することができ、フィルタの開口部に形成されたインクのメニスカスが破れ、空気がインク供給経路内に混入してしまうことを防止することができる。このため、上記の構成によれば、インク残量の低下以外の要因による、インク供給経路中への空気混入を防止し、インク残量検出の誤動作を防止することができ、品位に関して信頼性の高い印刷を行うことができる。

【0046】

よって、上記の構成によれば、インクの連続吐出時に、インクエンプティ以前にインク供給系に空気が混入するといった不具合の発生を防止し得るように、インクの特性に応じたインク供給系の設計指針を有する画像形成装置を提供することができる。

【0047】

また、上記の構成によれば、上記したようにインクエンプティ時の最大負圧を、バラツキの小さな濾過精度 F (m) で管理することができ、この結果、安定した負圧を得ることができる。

【0048】

本発明にかかる画像形成装置は、上記課題を解決するために、上記印字ヘッドにおけるノズル（インク吐出ノズル）の直径を D_N (m) 、該ノズルのインク吐出口と上記インク収納部のインク供給口との間の水頭圧を P_h (Pa) とすると

$$4 \cdot \eta / D_N - |P_h| > 4 \cdot \eta / F' > |P_\mu| + |P_i|$$

（但し、フィルタの開口が円形の場合は $F' = F$ 、

その他の場合は $F' = \sqrt{2 \cdot F}$ ）

を満足することを特徴としている。

【0049】

上記の構成によれば、インク供給時、フィルタの開口部におけるメニスカスによる圧力の臨界値を、上記印字ヘッドのノズルのメニスカスによるインク吸引圧力の臨界値を越えることなく適宜管理でき、上記ノズルからの空気の吸い込みを防止することができると共に、フィルタの開口部におけるインクのメニスカスの負圧の臨界値に対してインク吸収体で生じる負圧を小さく調整することができ、フィルタの開口部に形成されたインクのメニスカスが破れ、空気がインク供給経路内に混入してしまうことを防止することができる。このため、上記の構成によれば、インク残量の低下以外の要因による、インク供給経路中への空気混入を防止し、インク残量検出の誤動作を防止することができ、品位に関して信頼性の高い印刷を行うことができる。

【0050】

よって、上記の構成によれば、インクの連続吐出時に、インクエンプティ以前にインク供給系に空気が混入するといった不具合の発生を防止し得るように、インク供給系の設計指針を有する画像形成装置を提供することができる。

【0051】

また、上記の構成によれば、上記したようにインクエンプティ時の最大負圧を、バラツキの小さな濾過精度 F (m) で管理することができ、この結果、安定した負圧を得ることができる。

【0052】

本発明にかかる画像形成装置は、上記課題を解決するために、上記インク供給経路内のインクの有無を検出する検出器（例えば、電極間に電流が流れなくなることによりインクの有無を検出する検出電極）を備えていることを特徴としている。

【0053】

上記の構成によれば、インク吸収体で生じる負圧を、該負圧が、フィルタの開口部におけるインクのメニスカスの負圧の臨界値よりも小さくなるように調整することができ、フィルタの開口部に形成されたインクのメニスカスが破れ、空気がインク供給経路内に混入してしまうことを防止することができる。このため、上記の構成によれば、インク残量の低下以外、即ち、インクエンプティ時以外の要因による、インク供給経路中への空気混入を防止し、インク残量検出の誤動作を防止することができ、信頼性の高い印刷を行うことができる。

【0054】

【発明の実施の形態】

本発明の実施の一形態について図1ないし図27に基づいて説明すれば、以下の通りである。

【0055】

本実施の形態における画像形成装置としてのインクジェット記録装置は、図2に示すように、給紙部、分離部、搬送部、印刷部及び排出部から構成される。

【0056】

給紙部は、印刷を行う際に記録用紙であるシート201を供給するものであり、給紙トレイ101及びピックアップローラ102よりなる。印刷を行わない際には、シート201を保管する機能を果たす。

【0057】

分離部は、給紙部より供給されるシート201を、印刷部へ一枚ずつ供給するためのものであり、図示しない給紙ローラ及び分離装置よりなる。分離装置では、シート201との接触部分であるパッド部分とシート201との摩擦が、シート201・201間の摩擦より大きくなるように設定されている。また、給紙ローラでは、給紙ローラとシート201との摩擦が、パッドとシート201との摩擦や、シート201・201間の摩擦よりも大きくなるように設定されている。そのため、2枚のシート201が分離部まで送られてきたとしても、給紙ローラによって、これらのシート201・201を分離し、上側のシート201のみを搬送部に送ることができる。

【0058】

搬送部は、分離部より一枚ずつ供給されるシート201を、印刷部へと搬送するためのものであり、図示しないガイド板、及び搬送押えローラ111・搬送ローラ112等のローラ対よりなる。ローラ対は、シート201を印字ヘッド1とプラテン113との間に送り込む際に、印字ヘッド1からのインクがシート201の適切な位置に吹き付けられるように、シート201の搬送を調整する部材である。

【0059】

印刷部は、搬送部のローラ対より供給されるシート201へ印刷を行うためのものであり、印字ヘッド1、この印字ヘッド1を搭載したキャリッジ2、キャリッジ2を案内するための部材であるガイドシャフト（キャリッジ保持シャフト）121、印字ヘッド1にインクを供給するインクカートリッジ20、及び印刷時にシート201の台となるプラテン113、インク供給チューブ4からなるインク供給経路3より構成される。インク供給チューブ4からなるインク供給経路3は、上記印字ヘッド1とインクカートリッジ20とを接続し、インク流路として、インクカートリッジ20から印字ヘッド1にインクを供給する。このうち、印

字ヘッド1、インク供給チューブ4からなるインク供給経路3、及びインクカートリッジ20は、後述するインク供給装置10を構成する。

【0060】

排出部は、印刷が行われたシート201をインクジェット記録装置の外へ排出するためのものであり、排出ローラ131・132及び排出トレイ134よりなる。

【0061】

上記構成を備えたインクジェット記録装置は、次のような動作によって印刷を行う。

【0062】

まず、図示しないコンピュータ等から、画像情報に基づく印刷要求が、インクジェット記録装置に対してなされる。印刷要求を受信したインクジェット記録装置は、給紙トレイ101上のシート201を、ピックアップローラ102によって給紙部より搬出する。

【0063】

次に、搬出されたシート201は、給紙ローラによって分離部を通過し、搬送部へと送られる。搬送部では、搬送押えローラ111・搬送ローラ112のローラ対によって、シート201を印字ヘッド1とプラテン113との間へと送る。

【0064】

そして、印刷部では、印字ヘッド1におけるインクノズル部である吐出ノズル（インク吐出ノズル）1a（図20参照）よりプラテン113上のシート201へ、画像情報に対応してインクが吹き付けられる。この時、シート201はプラテン113上で一旦停止されている。インクを吹き付けつつ、キャリッジ2は、ガイドシャフト121に案内されて、主走査方向に渡って一ライン分走査される。

【0065】

それが終了すると、シート201は、プラテン113上で副走査方向に一定の幅だけ移動させられる。印刷部において、上記処理が画像情報に対応し継続して実施されることにより、シート201全面に印刷がなされる。

【0066】

印刷が行われたシート201は、インク乾燥部を経て、排出ローラ131・132によって用紙排出口133を通して排出トレイ134に排出される。その後、シート201は印刷物として使用者に提供される。

【0067】

ここで、上記のインクジェット記録装置のインク供給装置10について、図1、図3、および図5に基づいて詳細に説明する。

【0068】

図3に示すように、インク供給装置10は、前述したように、印字ヘッド1、インク供給経路3及びインクカートリッジ20を備えている。

【0069】

図1（a）・（b）に示すように、通常、インクカートリッジ20にはインクを貯留する空間部を有するインク収納部としてのインクタンク21が備えられている。本実施の形態のインクカートリッジ20では、このインクタンク21の内部（空間部）に、例えば、ポリウレタン樹脂製の多孔質保持体であるインク吸収体22が備えられている。

【0070】

そして、インクタンク21の、例えば底面には、印字ヘッド1にインクを供給するためのインク供給チューブ4からなるインク供給経路3が設けられている。

【0071】

該インク供給経路3内、具体的には、上記インクタンク21側のインク供給経路3内の一部、好適には端部には、フィルタ23が設けられ、上記インク供給チューブ4は、フィルタ23形成側の、インク供給経路3端部（インク供給口3a）、すなわち、該インク供給チューブ4端部が、上記インクタンク21の、例えば底面に設けられたインク供給口24に挿し込まれるように上記インクタンク21と接続されている。これにより、上記フィルタ23形成側のインク供給チューブ4端部、すなわち、該インク供給チューブ4における上記フィルタ23が形成されたインク供給経路3端部（インク供給口3a）は、インクタンク21内に位置している。

【0072】

また、図1 (a) ~ (c) に示すように、上記インクタンク21外のインク供給チューブ4には、該インク供給チューブ4を挟持するように、インク残量検出電極（検出器）としての一対の検出電極（電極部）25・25が設けられている。つまり、上記インクタンク21外のインク供給経路3には、このインク供給経路3を挟持するように一対の検出電極25・25が設けられている。

【0073】

上記インク供給装置10は、印字ヘッド1側から、上記フィルタ23を介してインクを吸い出すための負圧をかけることで、上記インクタンク21内に貯留されているインクを印字ヘッド1に供給する。

【0074】

上記印字ヘッド1は、例えば、全チャンネル連続駆動時に1分間当たり最大0.49 c c ($0.49 \times 10^{-6} \text{m}^3$) のインクを吐出し、吐出にともなって、同量のインクをインクタンク21より吸引するようになっており、そのときのインク供給経路3にかかる圧力は、図3に示すように圧力ゲージ26にて測定できるようになっている。また、印字ヘッド1とインクカートリッジ20との配置は、例えば、印字ヘッド1の水頭(P_h ; ヘッド水頭圧)が50 mm、インクタンク21の水頭(P_i ; タンク水頭圧)が30 mmとなるように配置されている。なお、ここで、ヘッド水頭圧 P_h は、印字ヘッド1の吐出ノズル1a—インク供給口24間の水頭圧を示す。また、タンク水頭圧 P_i は、上記インクタンク21にインクがフル充填されているときにインクを上記インク供給口24を介して上記印字ヘッド1に供給しようとするときに生じるインクタンク21の水頭圧を示す。

【0075】

上記のフィルタ23は、図4に示すように、帯状の、例えばステンレス材を横糸および縦糸として用いて網状に編み込むようにして作成されている。また、上記の方法に限らず、例えば、エッチングにより、開口部を形成させた板状部材をフィルタ23としてもよい。

【0076】

そして、このインクカートリッジ20では、図1（a）～（c）に示すように、フィルタ23を介して、インク供給経路3に混入してきた空気によって、上記の検出電極25・25間にインクが押し出されたとき、すなわち、検出電極25・25間にインクがなくなったとき、その検出電極25・25極間には電流が流れないようになることを利用して、インクの残量、つまりインクのなくなり（インクエンプティ）を検出するようになっている。

【0077】

以下に、インク残量を検出する過程における、インク供給経路3にかかる負圧と時間経緯との関係を、図5～7に基づいて詳細に説明する。図5及び図6は、上記インクカートリッジ20にインクを満たした状態からインクを継続して吐出したときの経過時間とインク供給経路3にかかる負圧との関係を示すグラフであり、図6は、図5に示す関係を模式的に示すグラフである。

【0078】

まず、上記印字ヘッド1を駆動、すなわちインクタンク21内のインクを消費するためにインク供給経路3に負圧をかけていくと、図5及び図6に示すように、インクの使用量の増加に伴って、インク供給経路3にかかる負圧も徐々に上昇していく。

【0079】

ところが、インク残量が少なくなると、インク供給経路3にかかる負圧は、ある時点で急激に上昇し、最大値に達した後、低下する。これは、インク供給経路3に大きな吸引力がかかることによりフィルタ23の開口部23a（図4参照）に形成されていたインクのメニスカスが破れ、空気が吸入されて上記負圧の低下が起きたことを示している。

【0080】

すなわちインク残量が減少するとともにインク吸収体22のセル22a（開口部、図13等参照）に吸収されていたインクのメニスカスが後退し、インクの表面張力によりインク供給経路3にかかる負圧が徐々に増加する。そして、インク供給経路3にかかる負圧が、インク吸収体22のセル22aの臨界圧、つまり、インクエンプティ時におけるインク吸収体22による臨界圧力P_Eを超えると、

インクのメニスカスはフィルタ23に到達し、フィルタ23の開口部23aが、インク供給経路3にかかる負圧を支配するようになる。そして、インクのさらなる消費に伴って、インク吸収体22と同様に、フィルタ23の開口部23aにおけるインクのメニスカスが後退し、インクの表面張力により、インク供給経路3にかかる負圧が増加し、開口部23aの開口径による臨界圧力（フィルタ圧）、すなわち、フィルタ23による臨界圧力（最大負圧）Pmまで急激に上昇する。その後、上記印字ヘッド1からの吸引圧が上記フィルタ23による臨界圧力Pmを越えると、フィルタ23の開口部23aに形成されていたインクメニスカスの表面が破れ、インク供給経路3に空気が吸入される。これにより、インク供給経路3にかかる負圧が低下する。

【0081】

なお、インク供給経路3にかかる負圧の測定には、図7に示すように、インク残量を検出する過程におけるフィルタ23と同条件となるように、インクを浸潤させた網目状のフィルタ（メッシュフィルタ）31を、該フィルタ31が蓋になるように接着したシリンダ32に、インク供給チューブ4を接続してなる測定装置を使用した。

【0082】

そして、上記シリンダ32に接続したインク供給チューブ4を介して、図示しないポンプを用いて、フィルタ31に浸潤させたインクを、インクの粘性抵抗による影響を除外するために、インク供給チューブ4からなるインク供給経路3内を流れるインクの流量（インク供給量）が1分間当たり 0.05 c.c （つまり $0.05 \times 10^{-6}\text{ m}^3$ ）となるように吸引し、このときにフィルタ31にかかる負圧を圧力ゲージ26で測定することにより、インク供給チューブ4からなるインク供給経路3にかかる負圧を測定した。

【0083】

また、この測定装置を用いた負圧の測定を、フィルタ23開口部23a（網目）の大きさ（濾過精度F）、つまり、フィルタ31の開口部の大きさを変えて行ってみたところ、図8に示すように、濾過精度Fが小さいほど、インク供給経路3にかかる負圧、すなわち、フィルタ23（上記測定においてはフィルタ31）

にかかる負圧が高くなっている傾向がみられた。

【0084】

そこで、次に、この傾向について、フィルタ23（メッシュフィルタ）によるインク負圧の臨界圧力（最大負圧） P_m と、フィルタ23の濾過精度 F との関係をグラフ（図9）にすることにより検証した。

【0085】

ここで、濾過精度 F は、フィルタ23（メッシュフィルタ）の開口部23aの最短長さ（最小空隙幅）であると解釈できる。

【0086】

表面張力 γ （N/m）の液体でインクのメニスカスを形成する直径 d （m）の円形状の開口部における臨界圧力（表面張力による臨界圧力） P_c （Pa）は、下記一般式（1）

$$P_c = 4\gamma/d \quad \dots (1)$$

で広く知られている。

【0087】

なお、本実施の形態において、一般式並びに実験式、関係式等の各式において、同じ記号は同じ物性を示すものとする。また、各式における計算値の算出単位についても、同じ記号は、同じ単位を示すものとする。

【0088】

そこで、上記一般式（1）の直径 d （m）にフィルタ23の濾過精度 F （m）を代入することにより、臨界圧力 P_c （Pa）としてフィルタ23による臨界圧力 P_m （Pa）を求めたところ、実測値に対して一般式（1）により得られる計算値が $\sqrt{2}$ 倍となり、フィルタ23の濾過精度 F をそのまま代入すると、計算値と実測値との間に大きな齟齬が生じることが判明した。

【0089】

これは、図4に示すように横糸と縦糸とで構成されるフィルタ23の開口形状は円形ではなく、濾過精度 F は、フィルタ23の開口部23aの最小空隙幅に依存するのに対して、フィルタ23による臨界圧力 P_m は、フィルタ23の開口部23aの最大空隙幅に依存するためであると考察される。

【0090】

そこで、この考察に基づけば、フィルタ23による臨界圧力Pm (Pa) は、インクの表面張力 η (N/m) と、濾過精度F (m) とを用いて、該濾過精度Fを $\sqrt{2}$ 倍に補正して、下記実験式 (2)

$$Pm = 4\eta / (\sqrt{2} \cdot F) \quad \dots (2)$$

として表される。

【0091】

そこで、縦軸を、フィルタ23による臨界圧力Pm、すなわち、インク供給経路3にかかる負圧とし、横軸を、フィルタ23の濾過精度Fとして、図8に示す実測値並びに上記実験式 (2) による計算値を用いて、フィルタ23による臨界圧力Pmと濾過精度Fとの関係をグラフにすると、図9に示す結果が得られる。なお、図9において、「△」は図8に示す実測値を示し、実線は上記実験式 (2) による計算値を示す。

【0092】

図9に示す結果から、実測値と実験式 (2) による計算値とはほぼ合致し、前記した傾向は正しいことが判った。すなわち、図8および図9に示す結果から、フィルタ23による臨界圧力Pmは、フィルタ23の開口部23aの大きさに依存することが判った。

【0093】

このため、本実施の形態では、図6に示すように、インク供給経路3にかかる負圧がフィルタ23による臨界圧力Pmとなり、フィルタ23の開口部に形成されているインクのメニスカス (インク液面) が破れて検出電極25・25からなる電極部に空気が到達し、該検出電極25・25による検出抵抗値が所定の値以上となったときを、インクタンク21が実質的に空、つまり、インク残量のエンプティとし、インクのメニスカスが破れる臨界圧力である上記フィルタ23による臨界圧力Pmが所定の値を越えないように制御している。

【0094】

本実施の形態では、インク残量のエンプティ時にインク供給経路3にかかる負圧について種々の実験を行った結果、インク供給系の負圧 (インク吸収体22も

しくはフィルタ23の臨界圧力)を2.0kPa以下とした。

【0095】

これは、例えばインクを連続吐出するときに、インク供給系の負圧(インク吸収体22もしくはフィルタ23の臨界圧力)が2.0kPa以下でなければ、インク供給系に発生する負圧によりフィルタ23の開口部に形成されているインクのメニスカスが破れて空気が電極部に到達してエンプティと判断する前に、図20および図21に示すように、印字ヘッド1の吐出ノズル1aの先端部(ノズル先端)よりインクのメニスカス(インク液面)が後退しすぎて該ノズル先端より空気を吸入してしまうという問題が生じ、インク滴を正常かつ安定して吐出(供給)することができなくなるためである。

【0096】

次に、インクカートリッジ20におけるインク吸収体22の最適化のための設計指針について、以下に説明する。

【0097】

図1(a)～(c)に示すように、インクカートリッジ20は、インク吸収体22としてのフォーム材が収納されたインクタンク21を備えるインクカートリッジ20を備えている。このフォーム材の多孔質体にはインクが含浸されており、このフォーム材がインクタンク21内に圧縮して収容されている。

【0098】

多孔質内に保持されているインクは、インクカートリッジ20に備えられたインク供給口24である吐出ノズル1a(図20参照)を通して毛管力によって、インクカートリッジ20内から印字ヘッド1側へ排出される。

【0099】

しかしながら、インクタンク21における多孔質保持体に保持されているインクの保持力によっては、連続排出時にインク供給不足が発生したり、インクカートリッジ20着脱時にインク漏れを起こす等の不具合が発生する。

【0100】

この問題を解消するためには、インクの特性に応じたインク吸収体22の設計指針が必要となる。そこで、本実施の形態では、インク並びにインクカートリッジ20を複数個用意する。

ジ20として、以下に示すインク並びにインクカートリッジを使用して実験を行い、該インクカートリッジ20における安定負圧Pを測定し、設計指針の検討を行った。この実験の結果を表1に示す。なお、該実験に用いたインク並びにインクカートリッジ20の諸条件は以下の通りである。

【0101】

- ・インクの表面張力 $\gamma = 0.03 \text{ (N/m)}$ ($= 30 \text{ dyn/cm}$)
- ・インクの粘度 $\mu = 0.07 \text{ (Pas)}$ ($= 7 \text{ cP}$)
- ・インク組成： H_2O 、顔料、ポリエチレングリコール
- ・インク吸収体22（フォーム材）のセル密度 $N = 1.57 \times 10^3 \text{ (個/m^3)}$ ($= 40 \text{ 個/inch}$)
- ・インク吸収体22（フォーム材）の材質：ポリウレタン
- ・インクカートリッジ20内寸（幅W×奥行V×高さL）
 $W \times V \times L = 0.015 \times 0.074 \times 0.030 \text{ (m)}$

なお、インクカートリッジ20（インクタンク21）に収納した時のインク吸収体22の外寸は、上記インクカートリッジ20内寸に等しい。

【0102】

また、表1における評価項目は下記の通りである。

【0103】

- ・圧縮率R：インクカートリッジ20に圧縮されて収納された時のインクカートリッジ20に収納される前に対するインク吸収体22（フォーム材）の体積比率
- ・セル密度N（個/m³）：インクカートリッジ20に収納する前のインク吸収体22（フォーム材）のセル密度
- ・圧縮時のインク吸収体22（フォーム材）の実装セル密度M（個/m³）：インクカートリッジ20に圧縮されて収納されている時のインク吸収体22（フォーム材）の実装セル密度
- ・流量Q（m³/s）：インクの流量
- ・効率 τ （%）：インクカートリッジ20からの総流出量（実際に使用可能なインク体積）÷インク充填量（充填インク体積）

・インク上限時安定負圧 P_u (Pa) : インクカートリッジ20内のインクが上限まで充填されている時、すなわち満載の状態で所定のインク流量とした時に測定されたインクカートリッジ20における安定負圧の実測値

・インク下限時安定負圧 P_L (Pa) : インクカートリッジ20内のインクが下限までしか充填されていない時、すなわち該インクカートリッジ20内のインクが無くなる直前に所定のインク流量とした時に測定されたインクカートリッジ20における安定負圧の実測値

【0104】

【表1】

R 直角率	実装ヒル密度 M (N×R)	実測流量 Q (nm ³ /s)	効率 η (%)	安定負荷実測値			始点の比率			終点の比率	
				上限P u (kPa)	下限P L (kPa)	R s	R 2	R s/R 2	R e	R 1	R c/R 1
2	3,150	8.17	77	0.07	0.46	0.11	0.13	0.85	0.46	0.36	1.28
5	7,874	8.17	60	0.62	0.86	1.00	0.83	1.21	0.87	0.91	0.96
5.5	8,661	8.17	60	0.62	0.99	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
6	9,449	8.17	61	0.73	1.16	1.18	1.19	0.99	1.17	1.09	1.07
7	11,024	8.17	60	0.91	1.29	1.47	1.62	0.91	1.30	1.27	1.02
8	12,598	8.17	51	1.30	1.50	2.10	2.12	0.99	1.52	1.45	1.04

【0105】

なお、本実施の形態では、フィルタ23の異物除去能力の点から、インクエンプティ時におけるインク吸収体22による臨界圧力 P_E （以下、インク吸収体の臨界圧力と記す場合がある）及びフィルタ23による臨界圧力 P_m （以下、フィルタの臨界圧力と記す場合がある）が、 $P_m > P_E$ を満たすように設定されている。そして、本実施の形態では、図6に示すように上記臨界圧力 P_E 、 P_m 、並びに、インク供給経路3の圧力損失 P_μ 、タンク水頭圧 P_i が、 $P_m > P_E > P_\mu + P_i$ を満たすように設定されている。但し、本実施の形態はこれに限定されるものではなく、インク供給系の設定の仕方によっては、上記大小関係が逆転する場合、もしくはフィルタ23を用いない場合がある。

【0106】

また、後で詳細説明するが、発生負圧の実測値を流体力学理論に基づき詳細検討した結果、インク上限時安定負圧 P_u は、インクの粘性抵抗による、流路すなわちインク供給経路3の圧力損失 P_μ に起因し、またインク下限時安定負圧 P_L は、インクの表面張力 γ に基づくものであることが判明した。

【0107】

なお、上記測定においては、インクの保持力は、インクカートリッジ20の高さ、インク吸収体22（フォーム材）のセル22aのばらつき、及びインクカートリッジ20にかかる振動を考慮して定める必要がある。これは、保持力が足りないと、特にインク上限時にインクカートリッジ20の着脱時にインクが不用意に漏れるといった問題が生じるためである。

【0108】

例えば、インクカートリッジ20の高さが34mmであれば、安全率を2とすると、インクの比重 γ は約1.0であるため、保持力は、水頭で68（=34×2）mm、つまり0.67kPa必要である。また、一般的に広く用いられているインクカートリッジの高さは概ね40mm以下であり、このことから、0.8kPaのインクの水頭圧に耐えることが必要とされる。

【0109】

インクの保持力は表面張力 γ に基づく毛管圧力であり、圧縮時のセル径を、直徑 d （m）の円形状の開口部とみなすと、圧縮時のインク吸収体22（フォーム

材) の実装セル密度M ($M=N \cdot R$; 但し、厳密には $M \approx N \cdot R$) (個/m) より、圧縮時のセル径d (m) は、以下の関係式 (3)

$$d = 1 / (N \cdot R) \quad \dots \quad (3)$$

で表されることから、その臨界圧力 P_E と、セル密度N (個/m) 及び圧縮率 (R) との関係は、インクの表面張力を γ (N/m) とすると、前記一般式 (1) 及び上記関係式 (3) から、下記関係式 (4)

$$P_E = 4 \cdot \gamma \cdot (N \cdot R) \quad \dots \quad (4)$$

で表される。したがって、インク下限時安定負圧 P_L は、実装セル密度M ($M=N \cdot R$) が 7.87×10^3 (個/m) 以上 (すなわち、200個/inch以上) であれば、水頭で 0.86 kPa 、 89 mm 以上の保持力が得られるので、インクカートリッジ20の着脱時にインクが不用意に漏れるといった問題が生じることを防ぐことができる。

【0110】

また、インクを連続吐出するときに、インク供給系の負圧 (インク吸収体22もしくはフィルタ23の臨界圧力) は、安全率を考慮すると、 2.0 kPa 以下でなければ、インク供給系に発生する負圧にて、インクが供給不足になり、吐出ノズル1aの先端部 (ノズル先端) よりインク液面が後退しすぎて空気を吸入してしまうという問題が生じ、インクの安定供給ができなくなる。

【0111】

そこで、実装セル密度Mが 12.6×10^3 (個/m) 以下 (すなわち、320個/inch以下) であれば、インク供給系の負圧は 1.5 kPa 以下となり、インクを連続吐出するときにも、マージンを持ってインクの安定供給が可能になる。

【0112】

また、インクカートリッジ20内面のインク収納体積 (充填インク体積) に対して実際に使用 (吐出) 可能となるインク容積の比を効率 τ (タンク効率) とすると、図10に示すように、効率 τ (%) は、Rの値、言い換えれば $N \cdot R$ の値が増加するのに伴って低下し、図11に示すように、実装セル密度M ($M=N \cdot R$) が 12.6×10^3 (個/m) (すなわち 320個/inch) になると大きく

低下し始める。したがって、インクカートリッジ20の体積を効率よく活用する条件としては、実装セル密度M（M=N・R）が 12.6×10^3 （個/m）以下となる。

【0113】

よって、上記インクカートリッジ20を、実装セル密度M（個/m）（M=N・R）が、 $7.87 \times 10^3 \leq M \leq 12.6 \times 10^3$ を満足するように設計することで、インクカートリッジ20の着脱時にインクが不用意に漏れるといった問題が生じることを防ぐことができると共に、インクを連続吐出するときにも、マージンを持ってインクの安定供給が可能になり、かつ、インクカートリッジ20の体積を効率よく活用することができる。さらに、上記の構成によれば 7.87×10^3 以上でも 12.6×10^3 以下であればよいので、インク吸収体22の設計における選択の幅を広げることができる。

【0114】

なお、これらは理論値であるが、実測値においても、これを満たしていることが、確認された。すなわち、前記表1において、実装セル密度M=N・Rが 7.87×10^3 （個/m）のとき、実測安定負圧であるインク下限時安定負圧P_Lが 0.86 kPa 以上となっているとともに、実装セル密度M（M=N・R）が 12.6×10^3 （個/m）以下であれば、インク供給系の負圧は 1.5 kPa 以下となっており、インクを連続吐出するときにも、マージンを持ってインクの安定供給が可能になる。なお、この実測安定負圧であるインク下限時安定負圧P_Lは、インクのメニスカスがいかなる負圧に耐え得るかを示している。

【0115】

次に、インク下限時安定負圧P_L及びインク上限時安定負圧P_uに対して考察を加える。なお、インク上限時安定負圧P_uとは、インクが流れているときの負圧を表したものである。

【0116】

まず、正規化するために、圧縮率R=5.5、流量Q=8.17 nm³/s（0.49 cc/min）におけるインク上限時安定負圧P_u=0.62 kPaに対して、各データにおけるインク上限時安定負圧P_uを正規化した値を、始点比

R_s とする。また、 R_2 は、圧縮率 R^2 について、圧縮率 $R = 5.5$ に対して正規化したものである。

【0117】

一方、圧縮率 $R = 5.5$ 、流量 $Q = 8.17 \text{ nm}^3/\text{s}$ ($0.49 \text{ ccc}/\text{mi}$) におけるインク下限時安定負圧 $P_L = 0.99 \text{ kPa}$ に対して、各データにおけるインク下限時安定負圧 P_L を正規化した値を、終点比 R_e とする。また、 R_1 は、圧縮率 R について、圧縮率 $R = 5.5$ に対して正規化したものである。

【0118】

ここで、それぞれ、始点において R_s/R_2 を算出し、終点において R_e/R_1 を算出すると、表1より、それぞれ略1であることがわかる。したがって、インク上限時安定負圧 P_u は圧縮率 R の2乗に比例し、インク下限時安定負圧 P_L は圧縮率 R に比例することがわかる。

【0119】

以上の結果から、さらに、インク及びインク吸収体22（フォーム材）の設計指針を詳しく得るために、これらの理論付けを行い、検討を加えた。以下に、詳細に説明する。

【0120】

先ず、インクカートリッジ20内のインクが上限まで充填されている時の安定負圧（インク上限時安定負圧 P_u ）と圧縮率 R との関係について以下に考察する。

【0121】

インクカートリッジ20内のインクが上限まで充填されている時、すなわち、インクカートリッジ20にインクが満載されている時には、インク吸収体22（フォーム材）の各セル22aを円形の管路とみなし、該管路の圧力差 ΔP （管路始点の圧力 P_1 - 管路終点の圧力 P_2 ）、すなわち、粘性抵抗による管路の圧力損失 P_μ によって管路内の液（インク）が流れていると想定することができる。図12に示すように円形の管路（各セル223aを円形の管路とみなし、該管路の圧力差 ΔP （管路始点の圧力 P_1 - 管路終点の圧力 P_2 ）、すなわち、粘性抵抗による管路の圧力損失 P_μ によって管路内の液（インク）が流れていると想定

することができる。図12に示すように円形の管路（各セル22a）を流れる流量（Q）の理論値、つまり、管路1本当たりを流れるインクの流量の理論値を流量 Q_i （ m^3/s ）とすると、該流量 Q_i （ m^3/s ）は、下記一般式（5）

$$Q_i = P_u \cdot \pi \cdot d^4 / (128 \cdot \mu \cdot L) \quad \dots (5)$$

によって定義される。ここで、 P_u はインクの粘性抵抗による管路の圧力損失（ P_a ）であるインク上限時安定負圧、 d は管路直径（m）、 μ はインクの粘度（ $P_a \cdot s$ ）、 L は管路の流路長（m）である。

【0122】

ここで、 d （m）を圧縮時のセル径とみなすと、圧縮時のインク吸収体22（フォーム材）の実装セル密度 M （個/m）（ $M=N \cdot R$ ）より、圧縮時のセル径 d （m）は、前記したように、下記関係式（3）

$$d = 1 / (N \cdot R) \quad \dots (3)$$

で表される。

【0123】

このとき、インク吸収体22（フォーム材）は圧縮されてインクカートリッジ20内に収容されているので、インク吸収体22（フォーム材）の各セル22aは、図13に示すように、最密状態であると考えられる。したがって、圧縮時のフォーム材下端におけるセル22aは、図13に示すように、最密状態であると考えられる。したがって、圧縮時のフォーム材下端におけるセル22aの総数であるセル総数 N_d （個）は、下記関係式（6）

$$N_d = (2 / \sqrt{3}) \cdot S / (d^2) \quad \dots (6)$$

で表される。なお、式（6）中、 S は、上記インクカートリッジ20（インクタンク21）に圧縮されて収納されたときのインク吸収体22（フォーム材）の断面積（幅 W ×奥行 V ）を示す。

【0124】

したがって、上記関係式（6）で表される数のセル22aからなる直径一定の円柱状の流路を想定した場合、該円柱状の流路を流れるインクの全流量 Q_t （ m^3/s ）（ $Q_t = Q_i \cdot N_d$ ；理論値）は、上記一般式（5）並びに関係式（3）・（6）より、以下の関係式（7）

$$\begin{aligned}
 Q_t &= Q_i \cdot N_d \\
 &= [P_u \cdot \pi \cdot d^4 / (128 \cdot \mu \cdot L)] \cdot [(2\sqrt{3}) \cdot S / (d^2)] \\
 &= A \cdot P_u \cdot S / [\mu \cdot L \cdot (N \cdot R)^2] \quad \dots \quad (7) \\
 &\text{(但し、式中、係数 } A = 2.83 \times 10^{-2} \text{ を表す)}
 \end{aligned}$$

で表される。従って、上記全流量 Q_t は圧縮時のインク吸収体 22 (フォーム材) の実装セル密度 M (個/m) ($M = N \cdot R$) の 2 乗に反比例していることがわかる。

【0125】

上記関係式 (7) により、図 14 に示す円柱状の流路を想定した理論値である全流量 Q_t を求めた結果を、表 2 に示す。

【0126】

【表2】

円錐半径 R mm	平均セル径 d mm	安定負圧実測値		流路数 N _d 本	総流量 Q _t (mm ³ /s)	算出流量 Q _c (mm ³ /s)	比率 Q _t /Q _c
		上限 (P _u) (kPa)	下限 (P _l) (kPa)				
2	0.32	0.07	8.31	11,867	9.9	7.18	1.14
5	0.13	0.62	1.89	74,169	140	10.17	0.80
5.5	0.12	0.62	1.29	89,744	116	8.41	0.97
6	0.11	0.73	1.07	106,803	114	8.32	0.98
7	0.09	0.91	0.72	145,371	105	7.62	1.07
8	0.08	1.30	0.60	189,872	115	8.33	0.98
		補正係数 k		13.75			

【0127】

実際のインク吸収体22内（フォーム材内部）では、図14に示すように、球形状又は多面体上のセル22aが数珠状に連通している。このため、この連珠状の流路により、実効の直径は上記理論値よりも小さな値となる。そこで、セル径を用いて求めた上記全流量Q_t（理論値）の実際の流量Q（実測流量）に対する平均倍率を求め、これを補正係数kとする。つまり、Q_t/Q=kとすると、表

2の場合、補正係数kは13.75である。

【0128】

ここで、図15に示すように、直径をd m、その中心位置をX=0とした球状流路を積分して求めた正規化流路抵抗をR_d、円柱状流路の正規化流路抵抗をR_mとした抵抗比R_d/R_mを、図16に示す。図16に示すように、Xが0近傍の場合にはr_d/R_m≈1であるが、Xがd m/2（図15参照）に近づくに伴ってR_d/R_mが上昇することがわかる。この検討より、補正係数k=13.75を考察すると、正規化セル径を1としたとき、X=0.488の位置でR_d/R_m=13.75となる。これは流路を、正規化直径0.21で隣接セル22a同士が連通しているモデル化することができることを意味し、この検討からも実測値より決定した補正係数kの値が適切であると言える。

【0129】

よって、上記補正係数kを用いて、算出流量Q_c（m³/s）は、下記関係式（8）

$$Q_c = Q_t / k \quad \dots (8)$$

（但し、式中、係数k=13.75を表す）

或いは、上記関係式（8）に関係式（7）を代入して、下記関係式（9）

$$Q_c = (A / k) \cdot P_u \cdot S / [\mu \cdot L \cdot (N \cdot R)^2] \quad \dots (9)$$

（但し、式中、係数(A/k)=2.06×10⁻³を表す）

として求めることができる。

【0130】

ここで、表2より、各データにおいて、Q/Q_cは略1であるので、補正係数kを用いることにより、

$$Q = (A / k) \cdot P_u \cdot S / [\mu \cdot L \cdot (N \cdot R)^2]$$

により、精度よく流量Qを求めることがわかる。

【0131】

また、粘性抵抗による管路の圧力損失（圧力差△P）の理論値P_v（Pa）、は、実測流量Qから、

$$P_v = (1 / A) \cdot [\mu \cdot L \cdot (N \cdot R)^2 / S] \cdot Q$$

(但し、式中、係数 $A = 2.83 \times 10^{-2}$ を表す)
で表される。

【0132】

さらに、関係式 (8)、(9) と同様に上記の補正係数 $k = 13.75$ を用いた、粘性抵抗による管路の圧力損失（圧力差 ΔP ）、つまり、粘性抵抗による管路の圧力損失（圧力差 ΔP ）の算出値を P_μ （算出圧力差）とすると、該 P_μ (P_a) は、

$$P_\mu = k \cdot P_v \\ = (k/A) \cdot [\mu \cdot L \cdot (N \cdot R)^2 / S] \cdot Q \quad \dots \dots \quad (10)$$

(但し、式中、 $(k/A) = 485$ を表す)

で表される。

【0133】

ここで、上記関係式 (10) を用いて、管路の圧力損失（圧力差 ΔP ）の理論値 P_v 及び算出値 P_μ を、実測流量 Q より求めた結果を、表3に示す。なお、表3中、流量 q は、管路1本当たりの実測流量を示す。

【0134】

【表3】

R ノズル半径 (N×R)	実装セル管 度 M (mm)	平均セル径 d (mm)	実測流量 Q (mm ³ /s)	流路数 N _d (本)		流量 q (pm ³ /s)	P _V (kPa)	P _μ (kPa)	P _μ /P _u	H.E.J
				q	(pm ³ /s)					
2	3, 150	0. 32	8. 17	11,	867	0. 688	0. 0058	0. 08	1. 14	
5	7, 874	0. 13	8. 17	74,	169	0. 1101	0. 0362	0. 50	0. 80	
5. 5	8, 661	0. 12	8. 17	89,	744	0. 0910	0. 0438	0. 60	0. 97	
6	9, 449	0. 11	8. 17	106,	803	0. 0765	0. 0521	0. 72	0. 98	
7	11, 024	0. 09	8. 17	145,	371	0. 0562	0. 0710	0. 98	1. 07	
8	12, 598	0. 08	8. 17	189,	872	0. 0430	0. 0927	1. 27	0. 98	
9	14, 173	0. 07	8. 17	240,	307	0. 0340	0. 1173	1. 61	—	
10	15, 748	0. 06	8. 17	296,	675	0. 0275	0. 1449	1. 99	—	
5. 5	8, 661	0. 12	1. 25	89,	744	0. 0139	0. 0067	0. 09	—	

【0135】

ここで、管路の圧力損失（圧力差 ΔP ）の算出値 P_μ （算出圧力差）とインク上限時安定負圧 P_u との比を P_μ/P_u とすると略1である。

【0136】

また、図17に、表2と表3とをグラフ化して示す。図17に示すように、理論値からの算出値（算出圧力差 P_μ ）による安定負圧は、実際に測定した安定負圧（インク上限時安定負圧 P_u ）とよく一致していることがわかる。また、インク上限時安定負圧 P_u はインクの粘度に基づく圧力損失に起因し、補正係数を用いて精度よくインク上限時安定負圧 P_u を求めることができることがわかる。

【0137】

次に、インクカートリッジ20内のインクが下限までしか充填されていない時の安定負圧（インク下限時安定負圧 P_L ）と圧縮率 R との関係について以下に考察する。

【0138】

インクカートリッジ20内のインクが下限までしか充填されていない時、すなわちインクカートリッジ20内のインクが無くなる直前の状態は、インク吸収体22（フォーム材）の下端のセル22aを毛管とみなすことができる。

【0139】

したがって、図18（液体に正圧が印加時）及び図19（液体に負圧が印加時）に示すように、毛管内の液面（インクのメニスカス）の臨界圧力 P_t （Pa）はセル22aを毛管とみなすことができる。

【0140】

したがって、図18及び図19に示すように、毛管内の液面（インクのメニスカス）の臨界圧力 P_t （Pa）、つまり、インクエンブティ時におけるインク吸収体22による臨界圧力 P_E （= P_t ）は、下記一般式（11）

$$P_t = 2 \cdot \gamma \cdot \cos \theta / (d/2) \quad \dots (11)$$

によって定義される。ここで、 γ は管内の液（インク）の表面張力（N/m）であり、 θ は毛管内の液面（インクのメニスカス）の、管との接触角であり、 d は毛管の直径（m）である。なお、インク吸収体22はインクに対して濡れ性の良いものが選ばれるので、 θ は略0とみなすことができる。したがって、上記一般式（11）は、下記一般式（12）

$$P_t = 4 \cdot \gamma / d \quad \dots (12)$$

(厳密には $P_t = 4 \cdot \eta / d$) として表すことができる。

【0141】

したがって、前記関係式(3)並びに上記一般式(12)より、インク吸収体22による臨界圧力 $P_E (= P_t)$ は、前記関係式(4)

$$P_E = 4 \cdot \eta \cdot (N \cdot R) \quad \dots (4)$$

で表される。

【0142】

この関係式(4)より、インク吸収体22の液面(インクのメニスカス)の臨界圧力 P_t を求めた結果を、表4に示す。

【0143】

【表4】

圧縮率 R	実装セル密度 M (N × R)	平均セル径 d (mm)	圧力	
			P_x (kPa)	P_x / P_L
2	3,150	0.32	0.38	0.82
3	4,724	0.21	0.57	—
4	6,299	0.16	0.76	—
5	7,874	0.13	0.94	1.10
5.5	8,661	0.12	1.04	1.05
6	9,449	0.11	1.13	0.98
7	11,024	0.09	1.32	1.03
8	12,598	0.08	1.50	1.00
9	14,173	0.07	1.70	—
10	15,748	0.06	1.89	—

【0144】

上記関係式(4)より求めた理論値臨界圧力 P_x の、実際の圧力であるインク下限時安定負圧 P_L に対する比 P_x / P_L は、略1であるので、インク下限時安定負圧 P_L はインクの表面張力に基づく毛管の臨界圧力に起因しているという理論の正しさを示すとともに、精度よくインク下限時安定負圧 P_L を求めることができる。

できることがわかる。

【0145】

インクカートリッジ20の着脱時にインクが不用意に漏れるといった問題が生じることを防ぐ条件としては、インク吸収体22（フォーム材）の保持力、つまり、表面張力 γ の液体でインクのメニスカスを形成する、圧縮時のセル22aの大きさ（セル径）が $1/(N \cdot R)$ のインク吸収体22（フォーム材）のセル22aにおける臨界圧力である、インク吸収体22（フォーム材）の下端のセル22a（毛管）内の液面（インクのメニスカス）の臨界圧力 P_E （Pa）が、インクの水頭圧よりも大きいことが要求される。

【0146】

したがって、インクカートリッジ20において、インクの比重を γ 、任意の姿勢でとり得るインクタンク21のインク供給口24に対する鉛直方向の最大高さのインクの水頭高さを h （m）とすると、インクの水頭圧は $9.8 \times 10^3 \cdot \gamma \cdot h$ （Pa）で表されるため、上記関係式（4）における臨界圧力 P_E （Pa）は、以下の条件

$$4 \cdot \gamma \cdot (N \cdot R) > 9.8 \times 10^3 \cdot \gamma \cdot h$$

を満足することが要求される。すなわち、インクカートリッジ20の着脱時にインクが不用意に漏れるといった問題が生じることを防ぐためには、下記関係式（13）

$$\gamma \cdot N \cdot R \cdot B > \gamma \cdot h \quad \dots (13)$$

（但し、式中、係数 $B = 4.08 \times 10^{-4}$ を表す）

を満足することが必要である。

【0147】

また、インクカートリッジ20内に収納された状態でのインク吸収体22（フォーム材）のセル密度、つまり実装セル密度 M （個/m）（ $M = N \cdot R$ ）は、例えばセル密度 $N = 1575$ （個/m）（= 40個/inch）を圧縮率 $R = 5$ で圧縮加工して得られたインク吸収体22（フォーム材）をインクカートリッジ20に収納することにより該インク吸収体22（フォーム材）がさらに10%の圧縮を受けるとき、

$$M = 1575 \times 5.5 \times 1.1 = 9528 \text{ (個/m)} \quad (= 242 \text{ 個/inch})$$

であり、上記関係式（13）に実装セル密度M（個/m）を代入すると、下記関係式（14）

$$\eta \cdot M \cdot B > \gamma \cdot h \quad \dots \quad (14)$$

（但し、式中、係数B = 4.08 × 10⁻⁴を表す）

となる。なお、実装セル密度Mは、実測値を用いてもよい。

【0148】

インク供給口24に対するインクの水頭高さh（m）、つまり、任意の姿勢でとり得るインクタンク21のインク供給口24に対する鉛直方向の最大高さのインクの水頭高さh（m）は、通常の姿勢においてはインク吸収体22（フォーム材）或いはインクカートリッジ20内壁の高さとすればよい。

【0149】

ハンドリングに配慮する必要がある場合は、インクカートリッジ20を傾けた姿勢も含めてとり得るインク供給口24に対する鉛直方向の最大高さのインクの水頭高さとする。

【0150】

また、セル径の分布等を考慮すると、安全率を2倍程度以上とすることが望ましく、よって、下記関係式（15）

$$\eta \cdot N \cdot R \cdot B > 2 \cdot \gamma \cdot h \quad \dots \quad (15)$$

（但し、式中、係数B = 4.08 × 10⁻⁴を表す）

又は、下記関係式（16）

$$\eta \cdot M \cdot B > 2 \cdot \gamma \cdot h \quad \dots \quad (16)$$

（但し、式中、係数B = 4.08 × 10⁻⁴を表す）

を満足するように上記インクカートリッジ20を設計することが望ましい。

【0151】

一般的に、インクカートリッジの高さは、インクレベルの変動への配慮により、前記したように概ね40mm以下が広く実用化されている。このため、安全率を2とすると、インク吸収体（フォーム材）のセル（開口部）における具体的な臨界圧力は、前記したように0.8kPa（0.08mH₂O）を満足すること

が望ましい。よって、上記インク吸収体22（フォーム材）のセル22aにおける具体的な臨界圧力P_E（Pa）は、P_E≥800の関係を満足することが望ましい。

【0152】

よって、前記関係式（4）から、下記関係式（17）

$$4 \cdot \eta \cdot N \cdot R \geq 800 \quad \dots \quad (17)$$

又は、下記関係式（18）

$$4 \cdot \eta \cdot M \geq 800 \quad \dots \quad (18)$$

の関係を満足することにより、インク吸収体22（フォーム材）のセル22aにおける臨界圧力P_E（Pa）、つまり、インク吸収体22（フォーム材）の保持力を、0.8kPa（800Pa）以上に保つことができ、インクカートリッジ20の着脱時にインクが不用意に漏れるといった問題が生じることを防ぐことができる。

【0153】

なお、図17から、上記関係式（4）より求められる理論値（理論値臨界圧力P_x）による負圧が、実際に測定した負圧（インク下限時安定負圧P_L）とよく一致していることがわかる。また、実装セル密度M（M=N・R）の各設定時ににおける負圧を表4に示す。

【0154】

次に、印字ヘッド1における吐出ノズル（インクノズル部）1aのインク滴出によるオリフィスのインク後退による臨界圧力P_n（以下、ノズルの臨界圧力と記す場合がある）を求める。

【0155】

なお、オリフィスの形状は、図20に示すように、円管の吐出ノズルの径を20μm、長さを20μmとし、吐出ノズル1aの先端部（ノズル先端）から、頂角90度、頂部円径20μmの円錐台形が延出していると仮定する。

【0156】

印字ヘッド1における吐出ノズル1aのインク吐出周波数を8000pps、ノズル数を64本に設定したときのインク流量QがQ=8.17nm³/s（=

0.49 c c / m i n) であったとき、インクの1滴は、

$$(8.17 \times 10^{-9}) / 8000 / 64 = 1.6 \times 10^{-14} \text{ (m}^3\text{)} \quad (= 1.6 \text{ pL})$$

となる。

【0157】

この場合にインクを1滴吐出したときの、オリフィス内のインクの後退による液面（インクのメニスカス）位置における円錐部の直径Hを表5に示す。なお、表5において、円錐部の直径H = 20 μmとは、エキシマレーザ加工等により、ノズル先端のストレート部が充分に長い場合（図20参照）を表している。また、表5は、インク1滴が1.6 × 10⁻¹⁴ (m³) (= 1.6 pL) の場合における、ノズル先端でのインクのメニスカスの過渡振動を考慮しない場合と、図21 (a) ~ (h) に示すようなノズル先端でのインクメニスカスの過渡振動等により、オリフィス内のインクが、インク吐出量に対して2倍後退した場合を示している。なお、図21 (a) ~ (h) は、インクが吐出ノズル1aから吐出する状態を順に示す断面図である。例えば、600 dpiのインクジェットプリンタでは、1.6 × 10⁻¹⁴ ~ 2.0 × 10⁻¹⁴ (m³) (= 1.6 ~ 2.0 pL) のインク滴が要求される。

【0158】

ノズル（本実施の形態においては吐出ノズル1a）の臨界圧力Pn (Pa) は、前記一般式（12）に上記円錐部の直径H (m) を代入して下記一般式（19）

$$P_n = 4 \cdot \eta / H \quad \dots (19)$$

（厳密には $P_n \approx 4 \cdot \eta / H$ ）

により求めることができる。

【0159】

インクの供給不足を起こさない必須条件は $(P_\mu) < (P_n)$ であり、吐出ノズル1aの直径をD_N (m) とすると、インクの供給不足を起こさないためには、前記関係式（10）並びに上記一般式（19）より、下記関係式（20）

$$(k / A) \cdot [\mu \cdot L \cdot (N \cdot R)^2 / S] \cdot Q < 4 \cdot \eta / D_N \quad \dots (20)$$

(但し、式中、係数 $(k/A) = 485$ を表す)

を満足している必要がある。つまり、上記関係式(20)を整理すれば、下記関係式(21)

$$C \cdot [\mu \cdot L \cdot Q \cdot (N \cdot R)^2 / S] < \eta / D_N \quad \dots \quad (21)$$

(但し、式中、 $C = (k/A) / 4 = 121$ を表す)

を満足している必要がある。

【0160】

また、実装セル密度M(個/m) ($M = N \cdot R$) を上記関係式(21)に適合すると、上記の必須条件は、

$$C \cdot [\mu \cdot L \cdot Q \cdot M^2 / S] < \eta / D_N \quad \dots \quad (22)$$

(但し、式中、 $C = (k/A) / 4 = 121$ を表す)

となる。

【0161】

上記一般式(19)を用いて算出した、各設定条件における吐出ノズル1aの臨界圧力Pnを表5に示す。

【0162】

【表5】

設定条件	H(μm)	Pn(kPa)
ノズルのみ	20	6.00
1.6 × 10 ⁻⁸ (cc) 過渡振動考慮なし	42	2.84
1.6 × 10 ⁻⁸ (cc) 過渡振動考慮あり	47	2.54

【0163】

表5から、インクを連続吐出するときに、インク供給系の負圧(インク吸収体22もしくはフィルタ23の臨界圧力)は、安全率、すなわち、過渡振動及び流量の誤差を考慮すると、約2.0kPa以下であれば、インク吐出後にノズル先端のインクのメニスカスが後退した状態でインクのメニスカスにより生じるインクを吸引する上記臨界圧力Pnが、インク供給系の負圧より大きくなり、インクの連続吐出を行った場合でも、必要量のインクを安定供給することが可能となる

ことがわかる。

【0164】

したがって、インク供給系の負圧が2.0 kPa以下であれば、インク供給系に発生する負圧にて、インクが供給不足になり、ノズル先端よりインク液面（インクメニスカス）が後退しすぎて空気を吸入してしまうという問題が発生することを防止することができ、インクを連続吐出するときにも、インクの安定供給が可能になる。

【0165】

なお、インク供給系に生じる負圧が2.0 kPa以下であれば、インク供給系に発生する負圧に打ち勝ってメニスカスの表面張力によりインクを吸引し、メニスカスが前進してインク補給がなされ、インク供給系の負圧とメニスカスの吸引力とが平衡した時点でインク補給が終了する。逆に、インク供給系に発生する負圧がメニスカスの臨界圧より大きいとメニスカスは後退し、印字ヘッド1内に空気を吸い込み、吐出不良となる。

【0166】

また、インクカートリッジ20における充填インク体積に対する、吐出に用いることができたインク体積の比である効率 τ （タンク効率）を考慮すると、実装セル密度Mの上限は、 12.6×10^3 （個/m）（= 320個/inch）程度であり、インクの臨界圧力、つまり、インクの表面張力 γ に基づくインク吸収体2の液面の臨界圧力 P_E によって決まるインク下限時安定負圧 P_L （Pa）は、表1から、該セル密度において、1.5 kPaであり、印字ヘッド1aの水頭及びインクタンク21の水頭は通常40mm程度に抑えて設定されるので、両者の合計（ $P_E + P_i$ ）からも約2.0 kPaの値が導き出される。

【0167】

以上の検討結果を整理すると、インク吸収体22（フォーム材）のセル密度N及び圧縮率Rに要求される条件は以下の通りとなる。まず、前記関係式（13）から、下記関係式（23）

$$(N \cdot R) > \gamma \cdot h / (\gamma \cdot B) \quad \dots (23)$$

（但し、式中、係数B = 4.08×10^{-4} を表す）

が得られる。また、前記関係式（21）から、

$$[\eta \cdot S / (C \cdot D_N \cdot \mu \cdot L \cdot Q)]^{0.5} > (N \cdot R) \quad \dots \quad (24)$$

(但し、式中、係数C = (k/A) / 4 = 1.21を表す)

が得られる。したがって、インク吸収体22（フォーム材）のセル密度N及び圧縮率Rに要求される条件は、上記関係式（23）・（24）から、

$$[\eta \cdot S / (C \cdot D_N \cdot \mu \cdot L \cdot Q)]^{0.5} > (N \cdot R) > \gamma \cdot h / (\eta \cdot B) \quad \dots \quad (25)$$

(但し、式中、係数B = 4.08 × 10⁻⁴、係数C = 1.21を表す)

となる。

【0168】

また、インク吸収体22（フォーム材）の実装状態の実装セル密度M（M = N · R）（個/m）に要求される条件としては、上記と同様にして、前記関係式（14）・（22）から、

$$[\eta \cdot S / (C \cdot D_N \cdot \mu \cdot L \cdot Q)]^{0.5} > M > \gamma \cdot h / (\eta \cdot B) \quad \dots \quad (26)$$

(但し、式中、係数B = 4.08 × 10⁻⁴、係数C = 1.21を表す)

となる。よって、上記関係式（25）又は（26）を満足することにより、インクカートリッジ20着脱時のインクの洩れを防止し、かつ、連續吐出時にインクを安定供給することが可能となる。

【0169】

なお、インクジェット記録装置に用いられるインクは、

- ・粘度 $\mu = 0.015 \sim 0.15$ (Pa · s)
- ・インクの表面張力 $\gamma = 0.03 \sim 0.05$ (N/m)
- ・インク吸収体22（フォーム材）のセル密度N = 1.57 × 10³ ~ 3.94 × 10³ (個/m) (= 40 ~ 100 個/inch)

が一般的である。

【0170】

そこで、例えば、異なる条件として、以下の条件

- ・粘度 $\mu = 0.015$ (Pa · s)

- ・インクの表面張力 $\gamma = 0.04$ (N/m)
- ・フォーム材のセル密度 $N = 3.15 \times 10^3$ (個/m) (= 80 個/inch)

を採用して検討を行った結果、条件を変更した場合においても上述した各式を満たすことが確認された。

【0171】

このように、フィルタを用いない場合、もしくは、フィルタを用いる場合でもフィルタの開口がインク吸収体22（フォーム材）のセル22aよりも大きい場合には、インク吸収体22におけるセル22a（毛管）内の液面（インクのメニスカス）の臨界圧力 P_E (Pa)、つまり、インクエンプティ時におけるインク吸収体22の臨界圧力 P_E (Pa) で、インク供給系に生じる負圧が決定される。

【0172】

しかしながら、フィルタの濾過性能を確保するためフィルタの開口をインク吸収体22のセル22aよりも小さくした場合、あるいは、インク吸収体22（フォーム材）を用いない場合には、フィルタによる臨界圧力 P_m (Pa) で、インク供給系に生じる負圧（インク吸収体22もしくはフィルタの臨界圧力）が決定される。

【0173】

このため、フィルタの開口をインク吸収体22のセル22aよりも小さくした場合、インク供給系に生じる負圧を 2.0 kPa 以下とするには、下記関係式(27)

$$P_m \leq 2000 \text{ (Pa)} \quad \dots (27)$$

を満足する必要がある。

【0174】

また、フィルタによる臨界圧力 P_m (Pa) は、前記一般式(1)並びに実験式(2)に示したように、インクの表面張力 γ (N/m) と、フィルタの開口の大きさ、つまり、フィルタの濾過精度 F (m) とで決まる。したがって、 $P_m \leq 2000$ (Pa) とするには、前記一般式(1)並びに実験式(2)より、フィルタの濾過精度を F (m) とすると、下記関係式(28)

$$P_m = 4 \cdot \eta / F' \quad \dots (28)$$

(但し、フィルタの開口が円形の場合は $F' = F$ 、
その他の場合は $F' = \sqrt{2 \cdot F}$)

を満足する必要がある。

【0175】

よって、上記関係式 (27) ・ (28) から、インクタンク 21 側のインク供給経路 3 内の一部に、下記関係式 (29)

$$F' = 4 \cdot \eta / P_m \quad \dots (29)$$

(但し、フィルタの開口が円形の場合は $F' = F$ 、
その他の場合は $F' = \sqrt{2 \cdot F}$)

並びに前記関係式 (27) を満足するフィルタが設けられていることで、インク供給系に発生する負圧、つまり、この場合はインク供給時にフィルタで発生する負圧 (フィルタによる臨界圧力 P_m) を、印字ヘッド 1 の吐出ノズル 1a にて発生する吸引圧力 (ノズルの臨界圧力 P_n) 未満 ($P_n > P_m$) とすることができます。

【0176】

したがって、インク供給経路 3 内に上記したフィルタを設けることで、インク供給系に発生する負圧に打ち勝ち、フィルタの開口部に形成されているメニスカスの表面張力に打ち勝ってインクを吸引し、開口部のメニスカスが後退し、この結果、空気が印字ヘッドのノズル先端より混入することなくインクの安定供給 (補給) を行うことができる。なお、この場合においても、前記したようにインク供給系の負圧とメニスカスの吸引力とが平衡した時点でインク補給が終了する。なお、逆に、ノズル先端のメニスカスによる臨界圧力が、フィルタの開口部に形成されているメニスカスの臨界圧力以下 (つまり、 $P_n \leq P_m$) 、特に該臨界圧力 (P_m) よりも小さいと、ノズル先端のメニスカスは後退し、印字ヘッド 1 内に空気を吸い込み、吐出不良となる。

【0177】

つまり、インクを印字ヘッド 1 に供給するとき、印字ヘッド 1 がインクを吸引するときに必要な圧力、つまり、印字ヘッド 1 の吐出ノズル 1a のメニスカスに

よる圧力（インク吸引圧力）が、上記インク供給経路3（フィルタ）にかかる。そして、このインク吸引圧力、すなわち、吐出ノズル1aの臨界圧力Pnが、インク供給時に上記フィルタで発生する負圧、つまり、フィルタの開口部のメニスカスによるインク負圧の臨界圧力Pm（フィルタ圧）以下、特に該臨界圧力Pm（フィルタ圧）よりも小さくなると、該フィルタの開口部に形成しているメニスカスを破る前に、空気が印字ヘッド1のノズル先端より混入してしまうことになる。

【0178】

このため、インクを印字ヘッド1に供給するときの吐出ノズル1aのメニスカスによる圧力、すなわちインク吸引圧力（吐出ノズル1aの臨界圧力Pn）を、上記フィルタ圧（フィルタによる臨界圧力Pm）よりも大きい値になるように設定しておけば、上記した問題を抑制することができる。

【0179】

したがって、インク供給時に上記フィルタで発生する負圧が、上記印字ヘッド1の吐出ノズル1aによるインク吸引圧力よりも小さくなるように、上記画像形成装置、より具体的には、上記負圧の要因となる各種条件、特に、フィルタを構成（設計）することで、上記した問題を抑制することができる。

【0180】

つまり、上記構成を満足するために、例えばインク供給経路3内、具体的には、インクタンク21側のインク供給経路3の一部（端部）には、インク供給時に上記フィルタで発生する負圧が、上記印字ヘッド1の吐出ノズル1aによるインク吸引圧力よりも小さくなるフィルタ、具体的には、前記関係式（29）並びに関係式（27）を満足するフィルタ、つまり、下記関係式（30）

$$F' \geq 4 \cdot \eta / 2000 \quad \dots (30)$$

（但し、フィルタの開口が円形の場合は $F' = F$ 、
その他の場合は $F' = \sqrt{2 \cdot F}$ ）

を満足するフィルタが設けられていることが望ましい。

【0181】

なお、液体の表面張力は水の 0.072 N/m が最大であり、インクの表面張

力 γ (N/m) に関する吐出エネルギーの低減、吐出ノズル1aにおけるノズル先端からの空気の吸い込み、吐出ノズル1a周辺のインクによる濡れやインクの洩れ等による吐出不良、および、紙面上でのインクの滲みによる画質劣化を防止するためには、インクの表面張力 γ (N/m) は、0.03~0.06の範囲内に設定する必要があり、一般的には、0.03~0.05の範囲内に設定される。

【0182】

したがって、本実施の形態にかかる画像形成装置において、インクの表面張力 γ (N/m) が0.03であるとき、上記関係式(30)から、前記フィルタ23に、濾過精度F (m) が、 42×10^{-6} (m) 以上、つまり $42 \mu\text{m}$ 以上のフィルタ、好適には、表面張力、濾過精度F等の変動等に対するマージンを約20%とすると、 $F \geq 50 \times 10^{-6}$ (m) のフィルタを用いることで、インク供給系にかかる負圧、つまり、フィルタ23にかかる臨界圧力Pmを2000Pa以下とすることができます。なお、このことは、例えば図9において濾過精度Fが $50 \mu\text{m}$ 、つまり、 50×10^{-6} (m) の場合に、フィルタ23(メッシュフィルタ)によるインク負圧の臨界圧力(最大負圧)Pmが2.0kPa以下となることからも確認できる。

【0183】

一方、フィルタ23として円形の開口を有するフィルタを用いる場合には、上記関係式(30)から、濾過精度F (m) が、 60×10^{-6} (m) 以上、つまり $60 \mu\text{m}$ 以上のフィルタ、好適には、表面張力、濾過精度F等の変動等に対するマージンを約20%とすると、 $F \geq 70 \times 10^{-6}$ (m) のフィルタを用いることで、インク供給系にかかる負圧、つまり、フィルタ23にかかる臨界圧力Pmを2000Pa以下とすることができます。

【0184】

以上のように、上記インクジェット記録装置のインクカートリッジ20には、インク供給経路3におけるインクタンク21側の端部に、インク供給時に上記インク供給経路3にかかる負圧を2.0kPa以下とするメッシュ状のフィルタ23が設けられている。

【0185】

このため、印字ヘッド1がインク滴を吐出することによりに生じるインク吸引圧力、（インクの供給に必要な圧力）、つまり、インク吸収体22にかかる圧力（インク供給圧力）は、インクタンク21内部にからず、インク供給圧力は、フィルタ23の開口部23a（網目）にかかるフィルタ圧よりも小さくなる。

【0186】

したがって、上記インクジェット記録装置によれば、フィルタ23の開口部23a（網目）に形成されているインクのメニスカスが破れるまでは、インク供給経路3内への空気の混入を防止することができ、また、メニスカスが破れ、インク供給経路3内に空気が吸入されインクエンプティを検出した際にもノズル先端におけるメニスカスが後退し過ぎてノズル先端より空気が混入することを防止できる。

【0187】

また、このようにインク充填時にインクタンク21内に混入した気泡がフィルタ23前面、つまり、フィルタ23のインクタンク21側端面の一部に捕獲された場合、もしくは、上記インクタンク21が、インクエンプティ直前（近傍）の状態にあり、インク吸収体22の一部分が空の状態でフィルタ23に接触している場合に、フィルタ23に接触している空気（気泡）を吸い込むことなくインク吸収体22が保持しているインクを印字ヘッド1に有効に供給するための条件、言い換えれば、不用意にインク供給口3aにインクタンク21から空気を吸い込まない条件は、 $P_m > P_E$ である。

【0188】

ここで、前記したように、インクカートリッジ20内のインクが無くなる直前の状態は、インク吸収体22（フォーム材）の下端のセル22aを毛管とみなすことができることから、インクエンプティ時におけるインク吸収体22による臨界圧力 P_E （Pa）、つまり、セル22a内の液面（インクのメニスカス）の臨界圧力 P_E （Pa）は、前記関係式（4）によって与えられる。

【0189】

一方、濾過精度F（m）のフィルタ23を用いた場合のフィルタ23による臨

界圧力 P_m は、前記実験式 (2) によって与えられることから、濾過精度 F (m) のフィルタ 23 を用いた場合における上記条件、すなわち、不用意にインク供給口 3a にインクタンク 21 から空気を吸い込まない条件は、前記実験式 (2) 並びに関係式 (4) から、下記関係式 (3 1)

$$(4 \cdot \eta) / (\sqrt{2} \cdot F) > 4 \cdot \eta \cdot (N \cdot R) \quad \dots \quad (3 1)$$

で表される。

【0190】

したがって、上記関係式 (3 1) を濾過精度 F について整理すると、以下の関係式 (3 2)

$$\sqrt{2} \cdot F < 1 / (N \cdot R) \quad \dots \quad (3 2)$$

が得られる。

【0191】

また、前記一般式 (1) から、円形状の開口を有するフィルタによる臨界圧力 P_m' は、該インクの表面張力 η (N/m) と、濾過精度 F (m) とを用いて、下記一般式 (3 3)

$$P_m' = 4 \cdot \eta / F \quad \dots \quad (3 3)$$

で表される。

【0192】

したがって、円形状の開口を有する濾過精度 F (m) のフィルタを用いた場合、不用意にインク供給口 3a にインクタンク 21 から空気を吸い込まない条件は、上記したフィルタ 23 を用いた場合と同様に、前記関係式 (4) 並びに上記一般式 (3 3) から、下記関係式 (3 4)

$$F < 1 / (N \cdot R) \quad \dots \quad (3 4)$$

で与えられる。

【0193】

したがって、インク供給経路 3 内に、濾過精度 F (m) のフィルタを用いる場合、インクタンク 21 に収納する前のインク吸収体 22 のセル密度を N (個/m) 、上記インクタンク 21 に収納される前に対する上記インクタンク 21 に圧縮されて収納されたときの上記インク吸収体 22 の体積比で示される圧縮比を R と

すると、以下の関係式（35）

$$F' < 1 / (N \cdot R) \quad \dots \quad (35)$$

（但し、フィルタの開口が円形の場合は $F' = F$ 、

その他の場合は $F' = \sqrt{2 \cdot F}$ ）

を満足するように上記インクカートリッジ20を設計することで、インク供給圧力を、上記フィルタ23にかかる負圧より小さく調整することができ、空気がフィルタ23の開口部23aに形成されたインクのメニスカスを破り、インク供給経路3内に混入してしまうことを防止することができる。このため、上記の構成によれば、インク残量の低下以外の要因による、インク供給経路3中への空気混入を防止し、インク残量検出の誤動作を防止することができ、品位に関して信頼性の高い印刷を行うことができる。

【0194】

なお、上記条件は、濾過精度F（m）の代わりに、セル径を用いて管理することもできる。しかしながら、上記したようにインク供給時（エンプティ時）の負圧を、バラツキの大きいセル径ではなく、バラツキの小さな濾過精度F（m）、つまり、開口の最短長さ（最小空隙幅）で管理することにより、安定した負圧を得ることができる。

【0195】

また、上述した実施形態においては、上記インクタンク21、つまり、インク収納部に収納する前のインク吸収体（インク吸収体22）のセル密度をN（個／m）、上記インク収納部に収納される前に対する上記インク収納部に圧縮されて収納されたときの上記インク吸収体の体積比で示される圧縮比をRとして説明したが、上記インク吸収体は、上記インク収納部に収容する際に圧縮して収納してもよく、予め圧縮してから収納してもよい。

【0196】

上記インク吸収体としては、例えば、圧縮加工されたスポンジ等、インク吸収体に広く使われる圧縮加工されたフォーム材（圧縮した状態で加熱プレスし、永久圧縮を与えたもの）を用いることができ、この場合、上記セル密度N（個／m）並びに圧縮比Rとしては、圧縮加工前のインク吸収体のセル密度（個／m）並

びに圧縮加工前に対する圧縮加工後、つまり、圧縮加工後のフォーム材をインク吸収材としてインクタンクに挿入した際のインク吸収体の体積比で示される圧縮比（圧縮率）を用いることができる。

【0197】

よって、圧縮加工前のインク吸収体のセル密度を N' （個／m）、圧縮加工前に対する圧縮加工後の上記インク吸収体の体積比で示される圧縮比（圧縮率）を R' とすると、前記した各式は、 $N=N'$ 、 $R=R'$ として表すことができる。

【0198】

例えば、前記関係式（35）は、上記フィルタの濾過精度を F （m）、圧縮加工前のインク吸収体のセル密度を N' （個／m）、圧縮加工前に対する圧縮加工後の上記インク吸収体の体積比で示される圧縮比（圧縮率）を R' とすると、下記関係式（36）

$$F' < 1 / (N' \cdot R') \quad \dots (36)$$

（但し、フィルタの開口が円形の場合は $F' = F$ 、

その他の場合は $F' = \sqrt{2} \cdot F$ ）

で表される。なお、前述した各式あるいは、後述する各式についても同様に $N=N'$ 、 $R=R'$ として表すことができる。勿論、 $N \cdot R$ あるいは $N' \cdot R'$ の代わりに、実装セル密度 M を用いることは言うまでもない。

【0199】

また、吐出ノズル1aの直径を D_N （m）とすると、前記関係式（19）から、吐出ノズル1aのメニスカスの臨界圧力 P_n （Pa）は、下記一般式（37）

$$P_n = 4 \cdot \eta / D_N \quad \dots (37)$$

で表される。

【0200】

ここで、ノズル先端から空気を吸い込まない条件は、

$$P_n > P_m$$

であり、前記したように、不用意にインク供給口3aにインクタンク21から空気を吸い込むことなくインク吸収体22が保持しているインクを印字ヘッド1に有効に供給するための条件は

$$P_m > P_E$$

であるため、インク残量の低下以外の要因による、インク供給経路中への空気混入をより一層防止し、インク残量検出の誤動作をより効果的に防止するためには、以下の条件、

$$P_n > P_m > P_E$$

を満足すること、つまり、前記関係式（31）および上記一般式（37）から、以下の関係式（38）

$$(4 \cdot \eta / D_N) > (4 \cdot \eta) / F' > 4 \cdot \eta \cdot (N \cdot R) \quad \dots \quad (38)$$

（但し、フィルタの開口が円形の場合は $F' = F$ 、

その他の場合は $F' = \sqrt{2 \cdot F}$ ）

を満足することがより望ましい。

【0201】

したがって、上記関係式（38）を濾過精度 F' (m) について整理すると、以下の関係式（39）

$$D_N < F' < 1 / (N \cdot R) \quad \dots \quad (39)$$

（但し、フィルタの開口が円形の場合は $F' = F$ 、

その他の場合は $F' = \sqrt{2 \cdot F}$ ）

が得られる。

【0202】

次に、インクの消費に伴って変化するインクレベルの影響について考察する。

図3に示すようにインク供給口24と吐出ノズル1a先端（ノズル先端）との落差 h によるヘッド水頭圧を P_h とすると、吐出ノズル1aにおけるインクのメニスカスによる有効保持力 P_n' (P_a)は、下記一般式（40）

$$P_n' = P_n - |P_h| \quad \dots \quad (40)$$

で定義される。なお、 $|P_h|$ は P_h の絶対値を示す。つまり、 $| |$ は絶対記号を示し、以下、 $|x|$ は x の絶対値を示すものとする。

【0203】

このとき、ノズル先端よりインクのメニスカスが後退しすぎて空気を吸い込んでしまわない条件は、インクタンク21へのインクフル充填時で、下記関係式（

4 1)

$$P_n' > |P_\mu| - |P_i| \quad \dots \quad (4 1)$$

を満たすことであり、インクエンプティ時で、下記関係式 (4 2)

$$P_n' > P_m \quad \dots \quad (4 2)$$

を満たすことである。

【0204】

ヘッド水頭圧 P_h (インクの水頭) を考慮しない場合にノズル先端から空気を吸い込まない条件は $P_n > P_m$ であるが、ヘッド水頭圧 P_h を考慮することで、より実使用に則した条件となる。つまり、ヘッド水頭圧 P_h は、ノズル先端からのインク漏れを防ぐための負の静圧が発生するように設定され、上記インクジェット記録装置は、上記ヘッド水頭圧 P_h を考慮しない場合よりもノズル先端から空気を吸い込み易い条件において使用される。このため、ヘッド水頭圧 P_h を考慮することで、より実使用に則した条件とすることができます。

【0205】

ここで、前記したように異物混入を防止するためにフィルタ 23 を設計すると、通常、

$$P_m > |P_\mu| + |P_i| \quad \dots \quad (4 3)$$

となるので、上記関係式 (4 2) + (4 3) から、以下の関係

$$P_n' > P_m > |P_\mu| + |P_i| \quad \dots \quad (4 4)$$

が導かれる。

【0206】

したがって、上記関係式 (4 1) + (4 4) から、以下の関係

$$P_n' > P_m > |P_\mu| + |P_i| > |P_\mu| - |P_i|$$

が成り立つため、上記関係式 (4 4) を満足、つまり、吐出ノズル 1a の直径を D_N (m) とすると、前記実験式 (2) および一般式 (3 7) から、以下の関係式 (4 5)

$$4 \cdot \eta / D_N - |P_h| > 4 \cdot \eta / F' > |P_\mu| + |P_i| \quad \dots \quad (4 5)$$

(但し、フィルタの開口が円形の場合は $F' = F$ 、

その他の場合は $F' = \sqrt{2} \cdot F$)

を満足することで、インク供給時、特に、インクエンプティ直前におけるインク供給時にフィルタ23でリークする圧力を、印字ヘッド1の吐出ノズル1aの臨界圧Pnを越えることなく適宜管理でき、吐出ノズル1aより空気の吸い込みを防止することができると共に、インク供給経路3に向かう異物を効果的に濾過し、吐出ノズル1aによる吐出動作の信頼性を高めることができる。なお、上記した各式、例えば上記関係式(41)並びに(43)～(45)において、 P_μ は前記関係式(10)にて与えられる。

【0207】

次に、本願本発明者らは、種々の物質の粘度と温度との関係について検討したので、その結果について説明する。

【0208】

先ず、以下の表6に、種々の物質についての温度T(℃)と粘度 μ (Pa·s)との関係を示す。

【0209】

【表6】

	粘度 μ (mPa·s)			
	0℃	25℃	50℃	75℃
水	1.79	0.89	0.55	0.38
アセトン	0.40	0.31	0.25	0.20
アニリン	9.45	3.82	1.98	1.20
エチルアルコール	1.87	1.08	0.68	0.46
ジエチルエーテル	0.29	0.22	0.18	0.15
四塩化炭素	1.34	0.91	0.66	0.50
ひまし油	—	700.00	125.00	42.00
硫酸	—	23.80	11.70	6.60

【0210】

上記表6のデータに基づいて作成した温度T(℃)と粘度 μ (Pa·s)との関係を、図22に示す。図22からは温度T(℃)と粘度 μ (Pa·s)との相

関関係を見出すことは困難である。

【0211】

さらに、以下の表7に、上記した各物質について、25°Cにおける粘度 μ_{25} (Pa·s)に対する各温度T (°C)における粘度 μ_T (Pa·s)、つまり、25°Cにおける粘度 μ_{25} を1とした場合の各温度T (°C)における粘度 μ_T/μ_{25} (正規化粘度)を示す。

【0212】

【表7】

	粘度 μ_T/μ_{25}			
	0°C	25°C	50°C	75°C
水	2.01	1.00	0.62	0.43
アセトン	1.30	1.00	0.80	0.65
アニリン	2.47	1.00	0.52	0.31
エチルアルコール	1.73	1.00	0.63	0.43
ジエチルエーテル	1.29	1.00	0.80	0.65
四塩化炭素	1.47	1.00	0.73	0.55
ひまし油	—	1.00	0.18	0.06
硫酸	—	1.00	0.49	0.28

【0213】

上記表7のデータに基づいて作成した温度T (°C)と、各温度T (°C)における粘度 μ_T/μ_{25} (正規化粘度)との関係を図23に示す。図23からは温度T (°C)と粘度 μ_T/μ_{25} (正規化粘度)との相関関係を見出すことは困難である。

【0214】

ところで、一般に、任意の温度 T_K (K)の液体の粘度 μ_{TK} (Pa·s)は、下記一般式 (42)

$$\mu_{TK} = \alpha \cdot e \cdot x \cdot p \cdot (\beta / T_K) \quad \dots (46)$$

で示されるアンドレードの式にて表される。

【0215】

このアンドレードの式を用いて、 T_{25} (K) (= 25°C) における液体の粘度を μ_{25} (Pa · s) 、温度 T_K (K) における液体の粘度を μ_{TK} (Pa · s) とすると、下記一般式 (4 3)

$$\begin{aligned}\mu_{TK}/\mu_{25} &= \exp(\beta/T_K) / \exp(\beta/T_{25}) \\ &= \exp\{ (1/T_K - 1/T_{25}) \cdot \beta \} \quad \dots \quad (4 7)\end{aligned}$$

で表される関係が導かれる。よって、上記一般式 (4 7) より、

$$\ln(\mu_{TK}/\mu_{25}) = (1/T_K - 1/T_{25}) \cdot \beta$$

となり、下記一般式 (4 8)

$$\beta = \ln(\mu_{TK}/\mu_{25}) / (1/T_K - 1/T_{25}) \quad \dots \quad (4 8)$$

が得られる。

【0216】

そこで、次に、上記した各物質について、表 7 に示したデータに基づいて、粘度 μ_{25} と、粘度 μ/μ_{25} (正規化粘度) 、ここでは、 μ_0/μ_{25} , μ_{50}/μ_{25} , μ_{75}/μ_{25} との相関関係について調べた。この結果を図 24 に示す。

【0217】

図 24 に示したプロットデータから、粘度 μ_0/μ_{25} に着目すると、以下の近似式

$$\mu_0/\mu_{25} = 0.42 \cdot \ln(\mu_{25}) + 4.71 \quad \dots \quad (4 9)$$

を得ることができる。

【0218】

よって、25 (°C) は絶対温度で 298 (K) であるから、前記一般式 (4 8)

および上記近似式 (4 9) から、下記関係式 (5 0)

$$\beta = \ln[0.42 \cdot \ln(\mu_{25}) + 4.71] / (1/273 - 1/298) \quad \dots \quad (5 0)$$

が得られる。

【0219】

また、前記一般式 (4 6) で示されるアンドレードの式から、25°Cにおける液体の粘度 μ_{25} (Pa · s) は、

$$\mu_{25} = \alpha \cdot e \times p \quad (\beta / 298)$$

となり、これにより、下記一般式 (51)

$$\alpha = \mu_{25} / e \times p \quad (\beta / 298) \quad \dots \quad (51)$$

が成り立つ。

【0220】

そこで、前記した種々の物質について、前記一般式 (46)・(51) および
関係式 (50) によって得られる以下の近似式 (52)

$$\mu_{TK} = \alpha \cdot e \times p \quad (\beta / T_K)$$

(但し、式中、 $\alpha = \mu_{25} / e \times p \quad (\beta / 298)$ 、

$$\beta = \ln [0.42 + \ln(\mu_{25}) + 4.71] / (1/273 - 1/298)$$

を示す)

.... (52)

を用いて求められる μ_{TK} (Pa・s) にて表される近似式粘度 μ' (Pa・s)
を、以下の表8に示す。

【0221】

【表8】

係数 β	係数 α	近似式粘度 μ' (Pa · s)			
		0°C	25°C	50°C	75°C
水	1839	1.86×10^{-3}	1.57	0.89	0.55
アセトン	896	1.54×10^{-2}	0.41	0.31	0.25
アニリン	2810	3.07×10^{-4}	9.06	3.82	1.84
エチアルコール	1986	1.38×10^{-3}	1.99	1.08	0.64
ジエチルエーテル	540	3.66×10^{-2}	0.26	0.22	0.19
四塩化炭素	1858	1.79×10^{-3}	1.62	0.91	0.56
ひまし油	4938	4.46×10^{-5}	3192	700	194
硫酸	3723	8.91×10^{-5}	74.73	23.80	9.05

【0222】

また、前記一般式(46)・(51)および関係式(50)によって得られる上記近似式(52)により求められる近似式粘度 μ' (Pa · s)と、実際の粘度 μ (Pa · s)との関係を、図25に示す。なお、図25中、実線は、上記近似式粘度 μ' (Pa · s)を示し、各識別マークは実際の粘度 μ (Pa · s)を示す。

【0223】

図25に示すように、近似式粘度 μ' (Pa · s)と、実際の粘度 μ (Pa ·

s)、つまり、実測値との間にそれほどの差異はなく、上記近似式(52)の精度が良好であることが確認された。

【0224】

さらに、上記近似式(52)を、8種類のインク(インク1～8)並びに水(H_2O)に適用した場合の温度T(℃)と粘度 μ (Pa·s)、 μ/μ_{25} 、 μ'/μ (近似式粘度/実測値)との関係を表9に示す。

【0225】

【表9】

	粘度 μ (mPa · s)			粘度 μ / μ_{25}			係数		μ' / μ	
	5°C	25°C	40°C	5°C	40°C	β	α	5°C	40°C	
インク1	3.5	1.8	1.3	1.94	0.72	2.345	6.84 × 10 ⁻⁴	0.91	0.95	
インク2	4.4	2.1	1.7	2.10	0.81	2.446	5.73 × 10 ⁻⁴	0.86	0.83	
インク3	4.7	2.2	1.6	2.14	0.73	2.476	5.43 × 10 ⁻⁴	0.85	0.92	
インク4	4.1	2.3	1.7	1.78	0.74	2.504	5.16 × 10 ⁻⁴	1.03	0.90	
インク5	4.9	2.5	1.7	1.96	0.68	2.556	4.70 × 10 ⁻⁴	0.95	0.97	
インク6	5.2	2.5	1.7	2.08	0.68	2.556	4.70 × 10 ⁻⁴	0.89	0.97	
インク7	9.4	4.3	2.5	2.19	0.58	2.878	2.75 × 10 ⁻⁴	0.92	1.08	
インク8	16.82	7.28	4.43	2.31	0.61	3.162	1.79 × 10 ⁻⁴	0.93	0.99	
H ₂ O	1.52	0.89	0.64	1.71	0.71	1.839	1.86 × 10 ⁻³	0.91	1.04	
							最大	1.03	1.08	
							最小	0.85	0.83	

【0226】

上記表9のデータに基づいて作成した近似式粘度 μ' (Pa · s) と、実際の粘度 μ (Pa · s) との関係を、図26に示す。また、図27は上記した各インク並びに水の25°Cにおける粘度 μ_{25} と、正規化粘度 μ / μ_{25} の実測値及び近似値との関係を示す。なお、図26中、実線は、上記近似式粘度 μ' (Pa · s)

を示し、各識別マークは、実測値、つまり、実際の粘度 μ (Pa · s) を示す。また、図27中、破線は、正規化近似粘度 $\mu' 5/\mu_{25}$ 、及び、 $\mu' 40/\mu_{25}$ を示し、「○」は5℃のときの正規化粘度 μ/μ_{25} (すなわち、 μ_5/μ_{25})、「△」は40℃のときの正規化粘度 μ/μ_{25} (すなわち、 μ_{40}/μ_{25})、各識別マークは、実測値、つまり、実際の粘度 μ (Pa · s) を示す。

【0227】

図26に示す結果から、インクカートリッジ20に用いるインクについて上記近似式(48)を適用した場合であっても、近似式粘度 μ' (Pa · s) と実際の粘度 μ (Pa · s)との間にそれほど差が出ないことがわかった。

【0228】

以上の検討結果により、任意の温度 T_K (K) におけるインクの粘度 μ (Pa · s) は、 $\mu = \mu'$ として算出することが可能であり、上記近似式(48)を用いれば、任意の温度 T_K (K) におけるインクの粘度 μ (Pa · s) を精度良く算出できることが確認できた。

【0229】

したがって、上記実験結果に基づけば、前記関係式(10)において、インクの粘度 μ (Pa · s) に、上記近似式(52)を用いて求められる μ_{TK} (Pa · s) にて表される近似式粘度 μ' (Pa · s) を適用すれば、前記関係式(10)は、以下の関係式(53)

$$P_{\mu} = (k/A) \cdot [\mu_{TK} \cdot L \cdot (N \cdot R)^2 / S] \cdot Q \quad \dots \quad (53)$$

(但し、係数 $(k/A) = 485$)

によって表すことができる。

【0230】

したがって、関係式(43) · (45) · (52) · (53) および実験式(2)より、フィルタの濾過精度を F (m)、インクタンク21にインクがフル充填されているときに、インクを、インク供給経路3を介して印字ヘッド1に供給しようとするときに生じるインクタンク21の水頭圧を P_i (Pa)、上記インクタンク21におけるインクの粘性抵抗による圧力損失を P_{μ} (Pa)、上記インクの表面張力を γ (N/m)、上記インクタンク21に収納する前のインク吸

吸体22のセル密度をN（個／m）、上記インクタンク21に収納される前に対する上記インクタンク21に圧縮されて収納されたときの上記インク吸収体22の体積比で示される圧縮比をR、圧縮加工前の上記インク吸収体のセル密度をN'（個／m）、圧縮加工前に対する圧縮加工後の上記インク吸収体の体積比で示される圧縮比（圧縮率）をR'、上記インクタンク21に圧縮されて収納されたときのインク吸収体22の断面積をS（m²）、上記インクタンク21に圧縮されて収納されたときのインク吸収体22の高さをL（m）、25℃におけるインクの粘度を μ_{25} （Pa·s）、任意の温度T_K（K）における粘度を μ_{TK} （Pa·s）とすると、任意の温度T_K（K）において、

$$4 \cdot \eta / F' > | P_{\mu} | + | P_i |$$

$$P_{\mu} = (k/A) \cdot [\mu_{TK} \cdot L \cdot (N \cdot R)^2 / S] \cdot Q$$

（但し、係数（k/A）=485）

$$\mu_{TK} = \alpha \cdot \exp(\beta / T_K),$$

$$\alpha = \mu_{25} / \exp(\beta / 298),$$

$$\beta = L \cdot [0.42 \cdot \ln(\mu_{25}) + 4.71] / (1/273 - 1/298)$$

（但し、フィルタの開口が円形の場合はF' = F、

その他の場合はF' = $\sqrt{2} \cdot F$ ）

もしくは

$$4 \cdot \eta / F' > | P_{\mu} | + | P_i |$$

$$P_{\mu} = (k/A) \cdot [\mu_{TK} \cdot L \cdot (N' \cdot R')^2 / S] \cdot Q$$

（但し、係数（k/A）=485）

$$\mu_{TK} = \alpha \cdot \exp(\beta / T_K),$$

$$\alpha = \mu_{25} / \exp(\beta / 298),$$

$$\beta = L \cdot [0.42 \cdot \ln(\mu_{25}) + 4.71] / (1/273 - 1/298)$$

（但し、フィルタの開口が円形の場合はF' = F、

その他の場合はF' = $\sqrt{2} \cdot F$ ）

を満足することで、フィルタの開口部におけるインクのメニスカスの負圧の臨界値よりもインク吸収体で生じる負圧を小さく調整することができ、空気がフィルタの網目に形成されたインクのメニスカスを破り、インク供給経路3内に混入し

てしまうことを防止することができる。このため、上記の構成によれば、インク残量の低下以外の要因による、インク供給経路3中への空気混入を防止し、インク残量検出の誤動作を防止することができ、品位に関して信頼性の高い印刷を行うことができる。

【0231】

また、上記の構成においても、濾過精度F（m）の代わりに、セル径を用いて管理することもできるが、インク供給時（エンプティ時）の負圧を、バラツキの大きいセル径ではなく、バラツキの小さな濾過精度F（m）、つまり、開口の最短長さ（最小空隙幅）で管理することにより、安定した負圧を得ることができる。

【0232】

また、この場合に前記関係式（45）を満足することで、インク供給時、特に、インクエンプティ直前におけるインク供給時にフィルタでリークする圧力を、印字ヘッド1の吐出ノズル1aの臨界圧Pnを越えることなく適宜管理でき、吐出ノズル1aより空気の吸い込みを防止することができると共に、インク供給経路3に向かう異物を効果的に濾過し、吐出ノズル1aによる吐出動作の信頼性を高めることができる。

【0233】

なお、本発明は上述した実施形態に限定されるものではなく、請求項に示した範囲で種々の変更が可能であり、上述した各実施形態にそれぞれ開示された技術的手段を適宜組み合わせて得られる実施形態についても本発明の技術的範囲に含まれる。

【0234】

【発明の効果】

本発明にかかる画像形成装置は、以上のように、インクを保持する多孔質のインク収納体が収納されたインク収納部と、該インク収納部から印字ヘッドにインクを供給するインク供給経路とを備えた画像形成装置において、上記インク供給経路内部にフィルタを備え、上記フィルタの濾過精度をF（m）、上記インク収納部に収納する前のインク吸収体のセル密度をN（個／m）、上記インク収納部

に収納される前に対する上記インク収納部に圧縮されて収納されたときの上記インク吸収体の体積比で示される圧縮比をRとすると、

$$F' < 1 / (N \cdot R)$$

(但し、フィルタの開口が円形の場合は $F' = F$ 、

$$\text{その他の場合は } F' = \sqrt{2} \cdot F$$

を満足する構成である。

【0235】

インクを印字ヘッドに供給するとき、印字ヘッドがインクを吸引するのに必要な圧力、つまり、印字ヘッドのノズルのメニスカスによる圧力（インク吸引圧力）が、上記インク供給経路にかかる。このとき、上記のように設定することにより、インクタンク内で発生する負圧の臨界値はフィルタによって決まる。

【0236】

よって、上記の構成によれば、インクの表面張力によりインク吸収体で発生する負圧の臨界値を、該臨界値が、インクの表面張力により上記フィルタで発生する負圧、つまり、フィルタの開口部（網目）のメニスカスによる圧力（フィルタ圧）の臨界値よりも小さくなるように調整することができ、インクエンプティになる前にフィルタの網目に形成されたインクのメニスカスが破れ、空気がインク供給経路内に混入してしまうことが防止され、インクの消費に応じてインク吸収体のメニスカスが後退して安定したインク供給動作が可能となる。さらに、インク残量の低下以外の要因、例えば、キャリッジ振動、気圧もしくは周囲温度変化等によりインク収納部のインク中に生じる気泡等は、フィルタで捕獲され、インク供給経路中への空気混入を防止し、信頼性の高い印刷を行うことができるとともにインクを無駄なく消費することができる。

【0237】

よって、上記の構成によれば、インクの連続吐出時に、インクエンプティ以前にインク供給系に空気が混入するといった不具合の発生を防止し得るように、インク供給系の設計指針を有する画像形成装置を提供することができる。

【0238】

また、上記の構成によれば、上記したようにインク供給時（エンプティ時）の

負圧を、バラツキの小さな濾過精度 F (m) で管理することができ、安定した負圧を得ることができるという効果を併せて奏する。

【0239】

本発明にかかる画像形成装置は、以上のように、上記印字ヘッドのノズル（インク吐出ノズル）の直径を D_N (m) とすると、

$$D_N < F' < 1/(N \cdot R)$$

（但し、フィルタの開口が円形の場合は $F' = F$ 、

その他の場合は $F' = \sqrt{2 \cdot F}$ ）

を満足する構成である。

【0240】

上記の構成によれば、上記印字ヘッドのノズル（ノズル部）におけるインクのメニスカスによるインク吸引圧力の臨界値を、該臨界値が、フィルタの開口部でのインクのメニスカスによる圧力の臨界値よりも小さくなるように調整することができ、ノズル先端より空気を吸入してしまい、印字ヘッドが吐出不良となることを防止することができる。

【0241】

また、上記の構成によれば、フィルタの開口部に形成されたインクのメニスカスが破れ、インク収納部からインク供給経路内に不用意に空気を吸い込むことを防止することができ、インク吸収体が保持しているインクを、印字ヘッドに、より有効に供給することができる。したがって、上記の構成によれば、インク残量の低下以外の要因による、インク供給経路中への空気混入をより一層防止し、インク残量検出の誤動作をより効果的に防止することができるという効果を奏する。よって、上記の構成によれば、インクの連続吐出時に、インクエンプティ以前にインク供給系に空気が混入するといった不具合の発生を防止し得るよう、インク供給系の設計指針を有する画像形成装置を提供することができる。

【0242】

本発明にかかる画像形成装置は、以上のように、インクを保持する多孔質のインク収納体が収納されたインク収納部と、該インク収納部から印字ヘッドにインクを供給するインク供給経路とを備えた画像形成装置において、上記インク供給

経路内部にフィルタを備え、上記インク吸収体は、上記インク収納部に収納される前に予め圧縮加工が施されており、上記フィルタの濾過精度をF (m) 、圧縮加工前の上記インク吸収体のセル密度をN' (個/m) 、圧縮加工前に対する圧縮加工後の上記インク吸収体の体積比で示される圧縮比(圧縮率)をR' とする

と、

$$F' < 1 / (N' \cdot R')$$

(但し、フィルタの開口が円形の場合は $F' = F$ 、

$$\text{その他の場合は } F' = \sqrt{2 \cdot F}$$

を満足する構成である。

【0243】

インクを印字ヘッドに供給するとき、印字ヘッドがインクを吸引するのに必要な圧力、つまり、印字ヘッドのノズルのメニスカスによる圧力(インク吸引圧力)が、上記インク供給経路にかかる。このとき、上記のように設定することにより、インクタンク内で発生する負圧の臨界値はフィルタによって決まる。

【0244】

よって、インクの表面張力によりインク吸収体で発生する負圧の臨界値を、該臨界値が、インクの表面張力により上記フィルタで発生する負圧、つまり、フィルタの開口部(網目)のメニスカスによる圧力(フィルタ圧)の臨界値よりも小さくなるように調整することができ、インクエンプティになる前にフィルタの網目に形成されたインクのメニスカスが破れ、空気がインク供給経路内に混入してしまうことが防止され、インクの消費に応じてインク吸収体のメニスカスが後退して安定したインク供給動作が可能となる。さらに、インク残量の低下以外の要因、例えば、キャリッジ振動、気圧もしくは周囲温度変化等によりインク収納部のインク中に生じる気泡等はフィルタで捕獲され、インク供給経路中への空気混入を防止し、信頼性の高い印刷を行うことができるとともにインクを無駄なく消費することができるという効果を奏する。よって、上記の構成によれば、インクの連続吐出時に、インクエンプティ以前にインク供給系に空気が混入するといった不具合の発生を防止し得るように、インク供給系の設計指針を有する画像形成装置を提供することができる。

【0245】

また、上記の構成によれば、上記したようにインク供給時（エンプティ時）の負圧を、バラツキの小さな濾過精度 F （m）で管理することができ、安定した負圧を得ることができるという効果を併せて奏する。

【0246】

本発明にかかる画像形成装置は、以上のように、上記印字ヘッドのノズルの直徑を D_N （m）とすると、

$$D_N < F' < 1 / (N' \cdot R')$$

を満足する構成である。

【0247】

上記の構成によれば、上記印字ヘッドのノズル先端から空気を吸い込むことを防止することができると共に、インク収納部からインク供給経路内に不用意に空気を吸い込むことを防止することができ、インク吸収体が保持しているインクを印字ヘッドにより有効に供給することができる。したがって、上記の構成によれば、インク残量の低下以外の要因による、インク供給経路中への空気混入をより一層防止し、インク残量検出の誤動作をより効果的に防止することができるという効果を奏する。よって、上記の構成によれば、インクの連続吐出時に、インクエンプティ以前にインク供給系に空気が混入するといった不具合の発生を防止し得るように、インク供給系の設計指針を有する画像形成装置を提供することができる。

【0248】

本発明にかかる画像形成装置は、以上のように、インクを保持する多孔質のインク収納体が収納されたインク収納部と、該インク収納部から印字ヘッドにインクを供給するインク供給経路とを備えた画像形成装置において、上記インク供給経路内部にフィルタを備え、上記フィルタの濾過精度を F （m）、上記インク収納部にインクがフル充填されているときにインクを上記インク供給経路を介して上記印字ヘッドに供給しようとするときに生じるインク収納部の水頭圧を P_i （Pa）、上記インク収納部におけるインクの粘性抵抗による圧力損失を P_μ （Pa）、上記インクの表面張力を γ （N/m）、上記インク収納部に収納する前の

インク吸収体のセル密度をN（個／m）、上記インク収納部に収納される前に対する上記インク収納部に圧縮されて収納されたときの上記インク吸収体の体積比で示される圧縮比をR、上記インク収納部に圧縮されて収納されたときのインク吸収体の断面積をS（m²）、上記インク収納部に圧縮されて収納されたときのインク吸収体の高さをL（m）、25℃におけるインクの粘度を μ_{25} （Pa·s）、任意の温度T_K（K）における粘度を μ_{TK} （Pa·s）とすると、任意の温度T_K（K）において、

$$4 \cdot \eta / F' > |P_{\mu}| + |P_i|$$

$$P_{\mu} = (k / A) \cdot [\mu_{TK} \cdot L \cdot (N \cdot R)^2 / S] \cdot Q$$

（但し、係数（k/A）=485）

$$\mu_{TK} = \alpha \cdot \exp(\beta / T_K),$$

$$\alpha = \mu_{25} / \exp(\beta / 298),$$

$$\beta = L \ln [0.42 \cdot L \ln(\mu_{25}) + 4.71] / (1/273 - 1/298)$$

（但し、フィルタの開口が円形の場合はF'=F、

$$\text{その他の場合は} F' = \sqrt{2 \cdot F}$$

を満足する構成である。

【0249】

上記の構成によれば、インク吸収体で生じる負圧を、該負圧が、フィルタの開口部におけるインクのメニスカスの負圧の臨界値よりも小さくなるように調整することができ、フィルタの開口部に形成されたインクのメニスカスが破れ、空気がインク供給経路内に混入してしまうことを防止することができる。このため、上記の構成によれば、インク残量の低下以外の要因による、インク供給経路中の空気混入を防止し、インク残量検出の誤動作を防止することができ、品位に関して信頼性の高い印刷を行うことができるという効果を奏する。よって、上記の構成によれば、インクの連続吐出時に、インクエンプティ以前にインク供給系に空気が混入するといった不具合の発生を防止し得るよう、インクの特性に応じたインク供給系の設計指針を有する画像形成装置を提供することができる。

【0250】

また、上記の構成によれば、上記したようにインク供給時（エンプティ時）の

最大負圧を、バラツキの小さな濾過精度 F (m) で管理することができ、安定した負圧を得ることができるという効果を奏する。

【0251】

本発明にかかる画像形成装置は、以上のように、上記印字ヘッドにおけるノズルの直径を D_N (m) 、該ノズルのインク吐出口と上記インク収納部のインク供給口との間の水頭圧を P_h (Pa) とすると、

$$4 \cdot \eta / D_N - |P_h| > 4 \cdot \eta / F' > |P_\mu| + |P_i|$$

(但し、フィルタの開口が円形の場合は $F' = F$ 、

その他の場合は $F' = \sqrt{2 \cdot F}$)

を満足する構成である。

【0252】

上記の構成によれば、インク供給時、フィルタの開口部におけるメニスカスによる圧力の臨界値を、上記印字ヘッドのノズルのメニスカスによるインク吸引圧力の臨界値を越えることなく適宜管理でき、上記ノズルからの空気の吸い込みを防止することができると共に、インク供給経路に向かう空気及び異物を効果的に濾過することができ、上記ノズルによる吐出動作の信頼性を高めることができるという効果を奏する。よって、上記の構成によれば、インクの連続吐出時に、インクエンプティ以前にインク供給系に空気が混入するといった不具合の発生を防止し得るように、インク供給系の設計指針を有する画像形成装置を提供することができる。

【0253】

本発明にかかる画像形成装置は、以上のように、インクを保持する多孔質のインク収納体が収納されたインク収納部と、該インク収納部から印字ヘッドにインクを供給するインク供給経路とを備えた画像形成装置において、上記インク供給経路内部にフィルタを備え、上記インク吸收体は、上記インク収納部に収納される前に予め圧縮加工が施されており、上記フィルタの濾過精度を F (m) 、上記インク収納部にインクがフル充填されているときにインクを上記インク供給経路を介して上記印字ヘッドに供給しようとするときに生じるインク収納部の水頭圧を P_i (Pa) 、上記インク収納部におけるインクの粘性抵抗による圧力損失を

P_μ (P_a) 、上記インクの表面張力を η (N/m) 、圧縮加工前の上記インク吸收体のセル密度を N' (個/ m) 、圧縮加工前に対する圧縮加工後の上記インク吸收体の体積比で示される圧縮比 (圧縮率) を R' 、上記インク収納部に圧縮されて収納されたときのインク吸收体の断面積を S (m^2) 、上記インク収納部に圧縮されて収納されたときのインク吸收体の高さを L (m) 、 $25^\circ C$ におけるインクの粘度を μ_{25} ($P_a \cdot s$) 、任意の温度 T_K (K) における粘度を μ_{TK} ($P_a \cdot s$) とすると、任意の温度 T_K (K) において

$$4 \cdot \eta / F' > |P_\mu| + |P_i|$$

$$P_\mu = (k/A) \cdot [\mu_{TK} \cdot L \cdot (N' \cdot R')^2 / S] \cdot Q$$

(但し、係数 $(k/A) = 485$)

$$\mu_{TK} = \alpha \cdot \exp(\beta / T_K),$$

$$\alpha = \mu_{25} / \exp(\beta / 298),$$

$$\beta = \ln[0.42 \cdot \ln(\mu_{25}) + 4.71] / (1/273 - 1/298)$$

(但し、フィルタの開口が円形の場合は $F' = F$ 、

その他の場合は $F' = \sqrt{2 \cdot F}$)

を満足する構成である。

【0254】

上記の構成によれば、インク吸收体で生じる負圧を、該負圧が、フィルタの開口部におけるインクのメニスカスの負圧の臨界値よりも小さくなるように調整することができ、フィルタの開口部に形成されたインクのメニスカスが破れ、空気が、インク供給経路内に混入してしまうことを防止することができる。このため、上記の構成によれば、インク残量の低下以外の要因による、インク供給経路中の空気混入を防止し、インク残量検出の誤動作を防止することができ、品位に関する信頼性の高い印刷を行うことができるという効果を奏する。よって、上記の構成によれば、インクの連続吐出時に、インクエンプティ以前にインク供給系に空気が混入するといった不具合の発生を防止し得るように、インクの特性に応じたインク供給系の設計指針を有する画像形成装置を提供することができる。

【0255】

また、上記の構成によれば、上記したようにインク供給時 (エンプティ時) の

最大負圧を、バラツキの小さな濾過精度 F (m) で管理することができ、安定した負圧を得ることができるという効果を奏する。

【0256】

本発明にかかる画像形成装置は、以上のように、上記印字ヘッドにおけるノズルの直径を D_N (m) 、該ノズルのインク吐出口と上記インク収納部のインク供給口との間の水頭圧を P_h (P_a) とすると、

$$4 \cdot \eta / D_N - |P_h| > 4 \cdot \eta / F' > |P_\mu| + |P_i|$$

(但し、フィルタの開口が円形の場合は $F' = F$ 、

その他の場合は $F' = \sqrt{2 \cdot F}$)

を満足する構成である。

【0257】

上記の構成によれば、インク供給時、フィルタの開口部におけるメニスカスによる圧力の臨界値を、上記印字ヘッドのノズルのメニスカスによるインク吸引圧力の臨界値を越えることなく適宜管理でき、上記ノズルからの空気の吸い込みを防止することができると共に、インク供給経路に向かう空気及び異物を効果的に濾過することができ、上記ノズルによる吐出動作の信頼性を高めることができるという効果を奏する。よって、上記の構成によれば、インクの連続吐出時に、インクエンプティ以前にインク供給系に空気が混入するといった不具合の発生を防止し得るように、インク供給系の設計指針を有する画像形成装置を提供することができる。

【0258】

本発明にかかる画像形成装置は、以上のように、上記インク供給経路内のインクの有無を検出する検出器を備えている構成である。

【0259】

上記の構成によれば、上記インク供給経路内のインクの有無を検出することにより、インクエンプティを確実に検出することができる。したがって、上記の構成によれば、上記インク供給経路内に空気が混入してしまうことをより確実に防止することができるという効果を奏する。

【図面の簡単な説明】

【図1】

(a) は本発明の実施の一形態にかかる要部の構成を示す断面図であり、(b) は (a) に示すインクカートリッジからインク供給経路を抜いた状態を示す断面図であり、(c) は検出電極の構成を示す断面図である。

【図2】

上記インクジェット記録装置の全体構成を一部切り欠いて示す斜視図である。

【図3】

上記インクジェット記録装置におけるインク供給装置の概略構成図である。

【図4】

上記インク供給装置のフィルタの構成を示す正面図である。

【図5】

上記インクカートリッジにインクを満たした状態からインクを継続して吐出したときの時間とインクカートリッジの負圧との関係を示すグラフである。

【図6】

図5を模式的に示すグラフである。

【図7】

上記インクジェット記録装置のインク供給経路にかかる負圧の測定実験に用いた測定装置の概略構成図である。

【図8】

図7に示す測定装置を用いて実際に測定したフィルタの濾過精度とインク供給経路にかかる負圧との関係を示すグラフである。

【図9】

フィルタの濾過精度とフィルタによるインク負圧の臨界圧力との関係を示すグラフである。

【図10】

セル密度と効率との関係を示すグラフである。

【図11】

実装セル密度と効率との関係を示すグラフである。

【図12】

インクカートリッジのフォーム材の各セルを円形管路とみなしたとき、円形管路を流れる流量と管路の圧力差とを示す模式図である。

【図13】

最密充填されているセルを示す構成図である。

【図14】

インクカートリッジにおける実際のフォーム材内では、球形状又は多面体上のセルが数珠状に連通している状態を示す断面図である。

【図15】

実際のフォーム材内ではセルは連珠状の流路となっているとしたときの、実効直径の求め方を示す説明図である。

【図16】

セルの直径を d m、その中心位置を $X = 0$ とした球状流路を積分して求めた正規化流路抵抗を R_d 、円柱状流路の正規化流路抵抗を R_m としたときの、 X と抵抗比 R_d / R_m 及びセル直径 d との関係を示すグラフである。

【図17】

圧縮率と負圧との関係を示すグラフである。

【図18】

インクカートリッジ内のインクが無くなる直前の状態ではフォーム材の下端のセルを毛管とみなすことができるときの、毛管内の液面（インクのメニスカス）の臨界圧力を示す模式図である。

【図19】

毛管内の液面（インクのメニスカス）の臨界圧力を示す模式図である。

【図20】

供給口の端部の構成を拡大して示す断面図である。

【図21】

（a）～（h）はインクがノズルから吐出する状態を順に示す断面図である。

【図22】

表6のデータに基づいて作成した温度 T (°C) と粘度 μ (Pa · s) との関係を、示すグラフである。

【図23】

表7のデータに基づいて作成した温度T (°C) と、各温度T (°C) における $\mu_{T/\mu_{25}}$ との関係を示すグラフである。

【図24】

表7に示したデータに基づいて作成した、 μ_{25} と μ/μ_{25} との相関関係を示すグラフである。

【図25】

近似式粘度 μ' (Pa·s) と、実際の粘度 μ (Pa·s) との関係を示すグラフである。

【図26】

表9のデータに基づいて作成した近似式粘度 μ' (Pa·s) と、実際の粘度 μ (Pa·s) との関係を示すグラフである。

【図27】

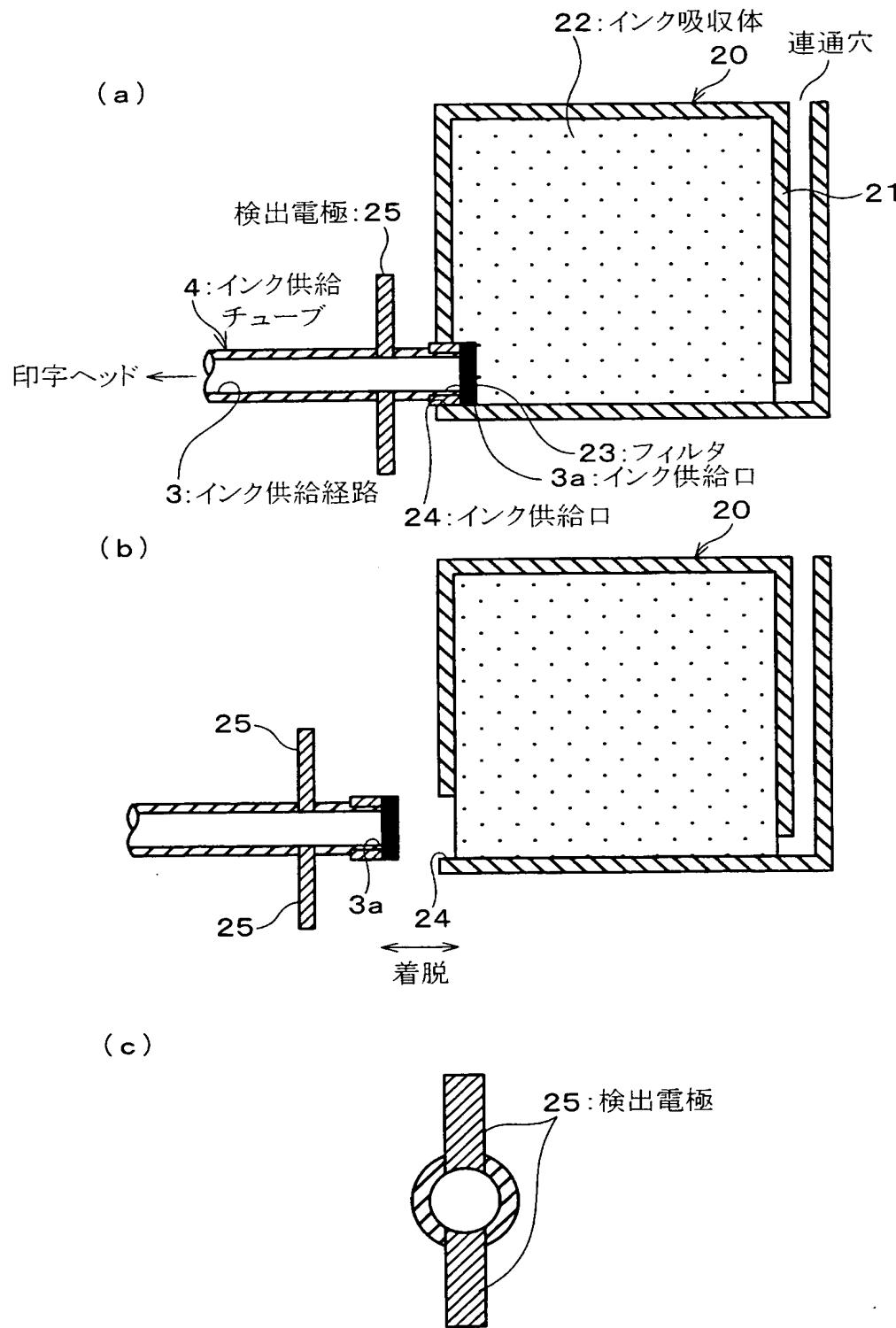
各インク並びに水の25°Cにおける μ_{25} と μ/μ_{25} との関係を示すグラフである。

【符号の説明】

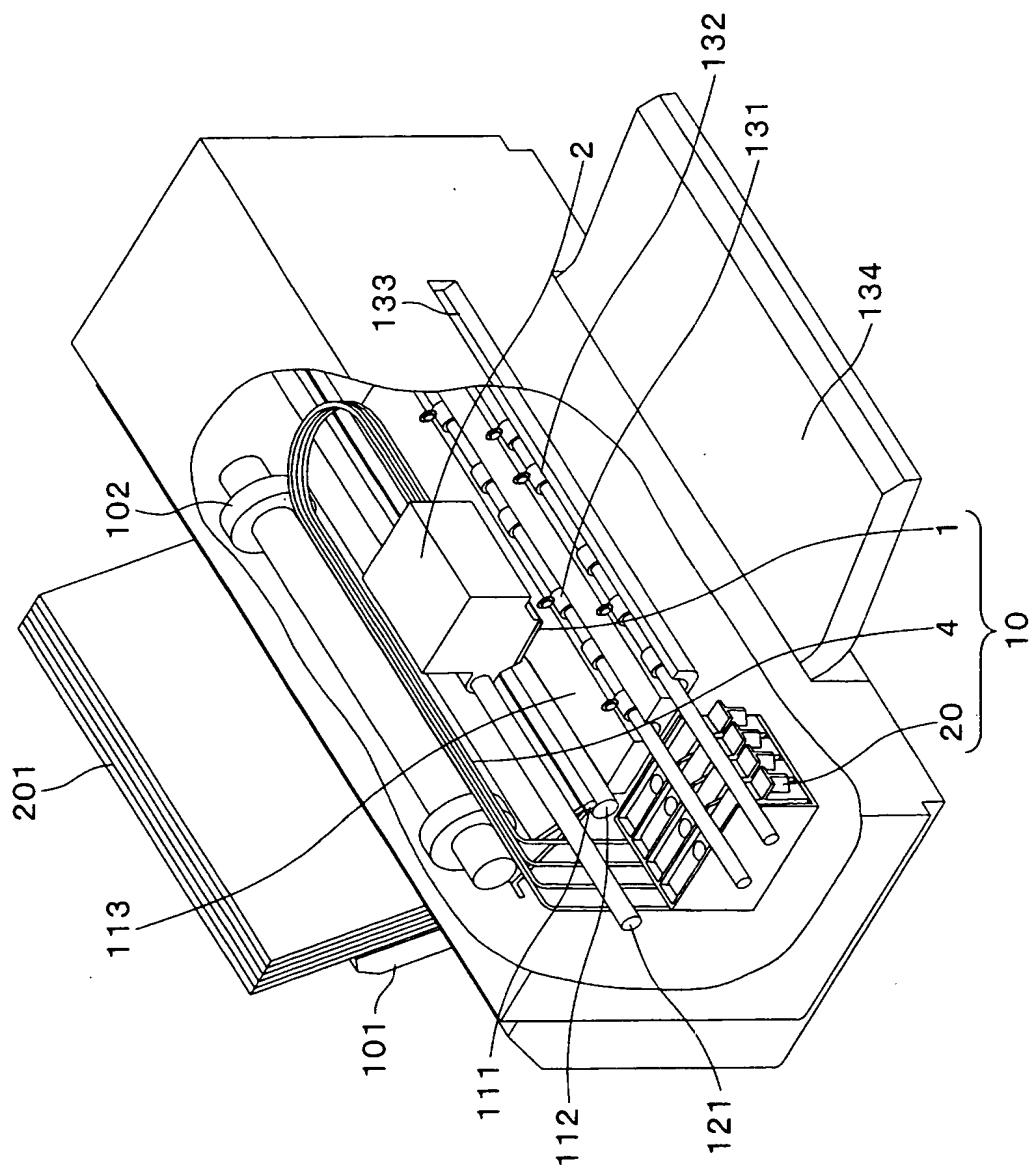
- 1 印字ヘッド
- 3 インク供給経路
- 3 a インク供給経路
- 4 インク供給チューブ
- 1 0 インク供給装置
- 2 0 インクカートリッジ
- 2 1 インクタンク (インク収納部)
- 2 2 インク吸収体
- 2 3 フィルタ
- 2 4 インク供給口
- 2 5 検出電極 (検出器)
- 3 1 フィルタ

【書類名】 図面

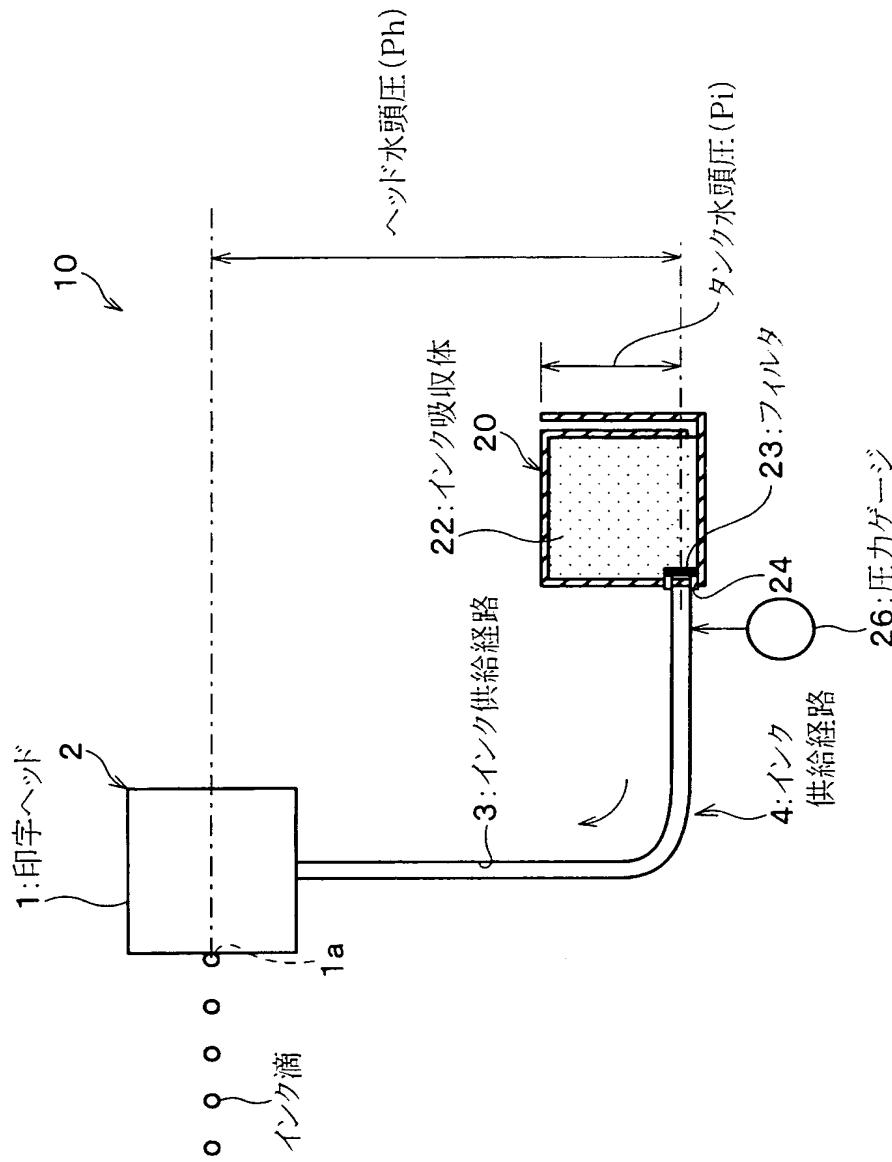
【図 1】



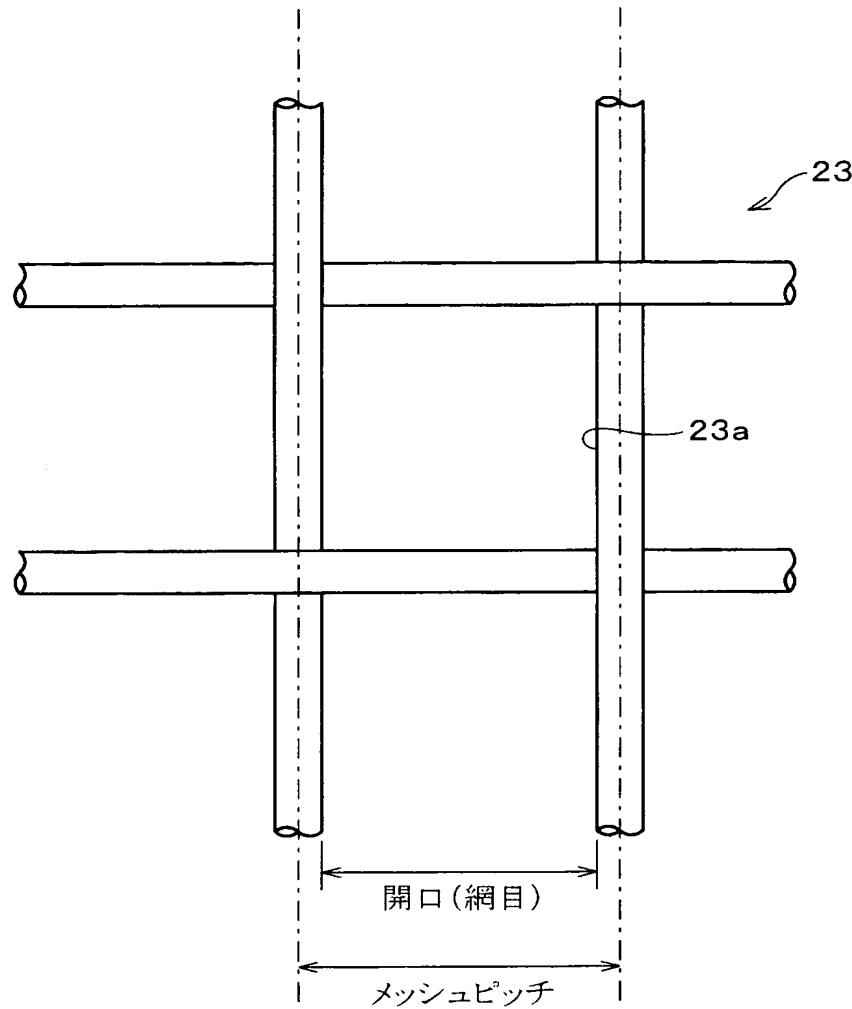
【図2】



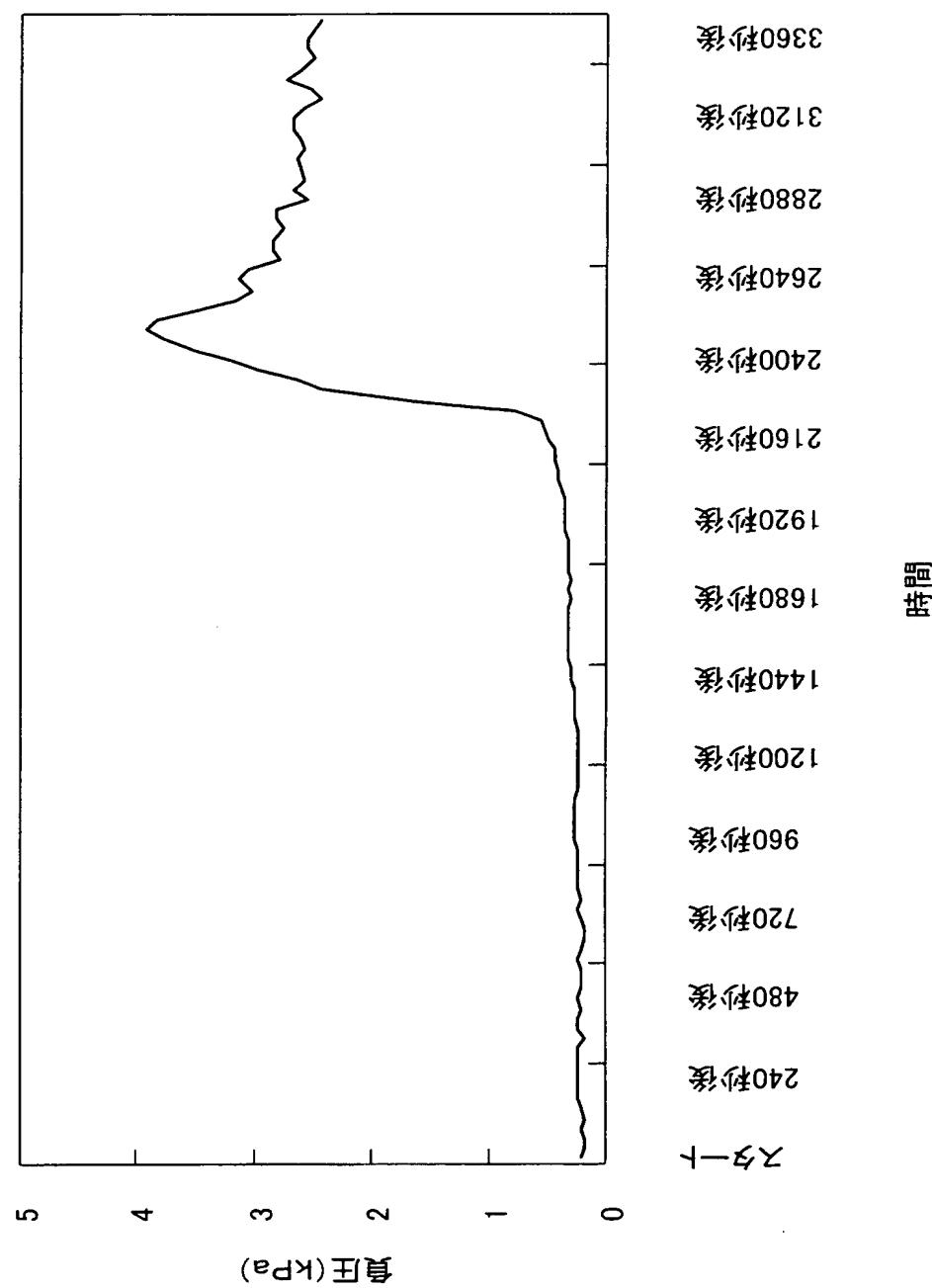
【図3】



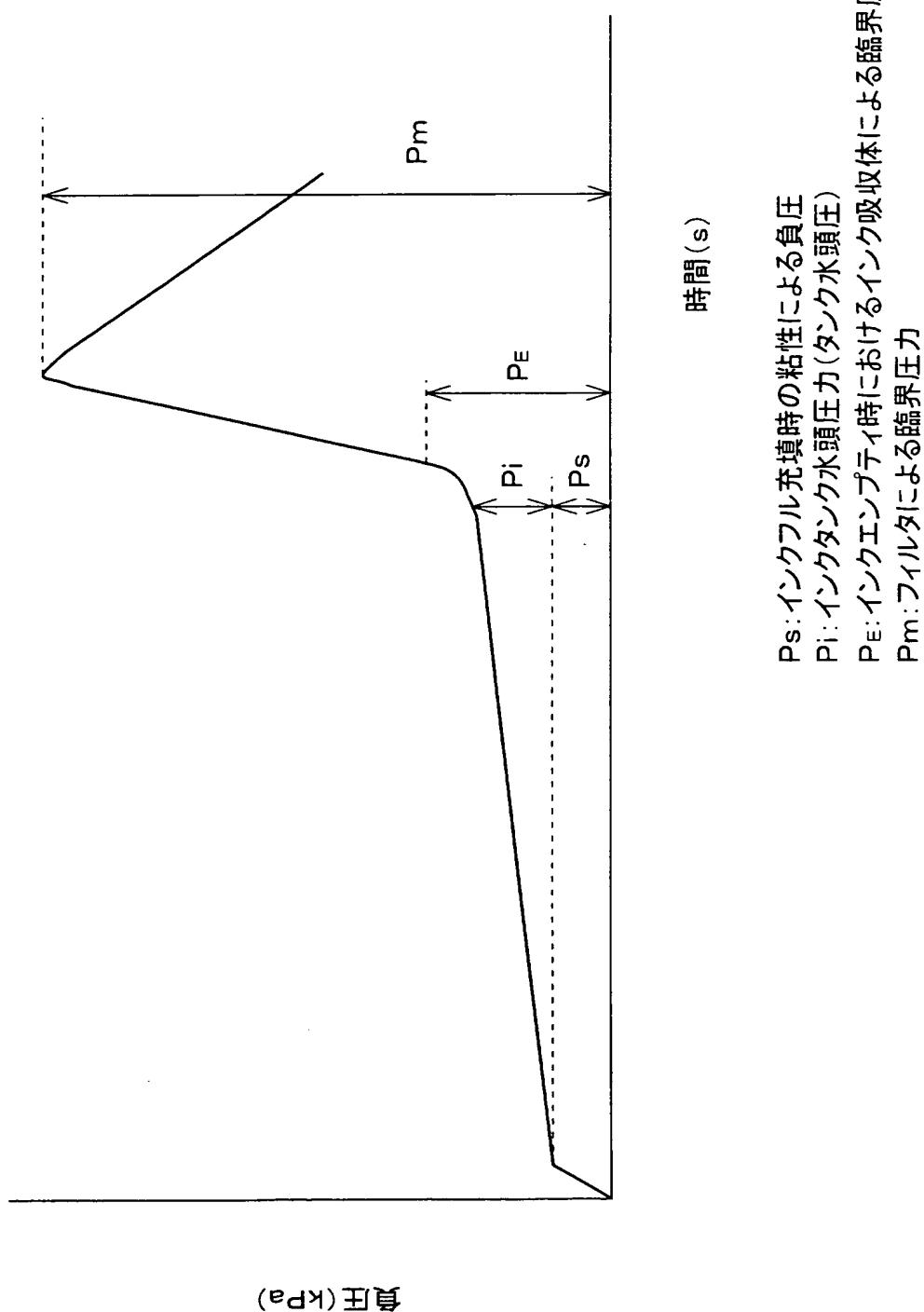
【図4】



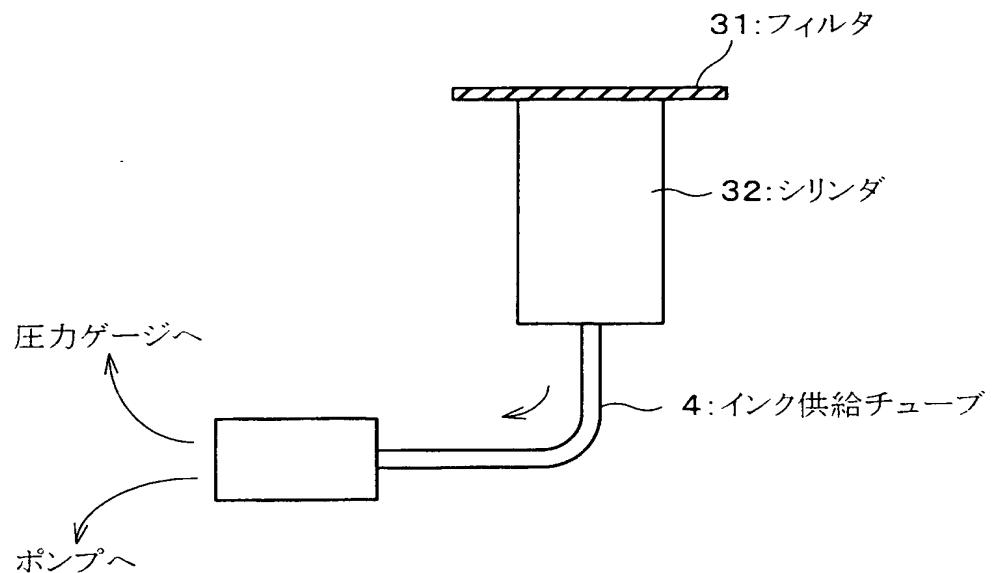
【図5】



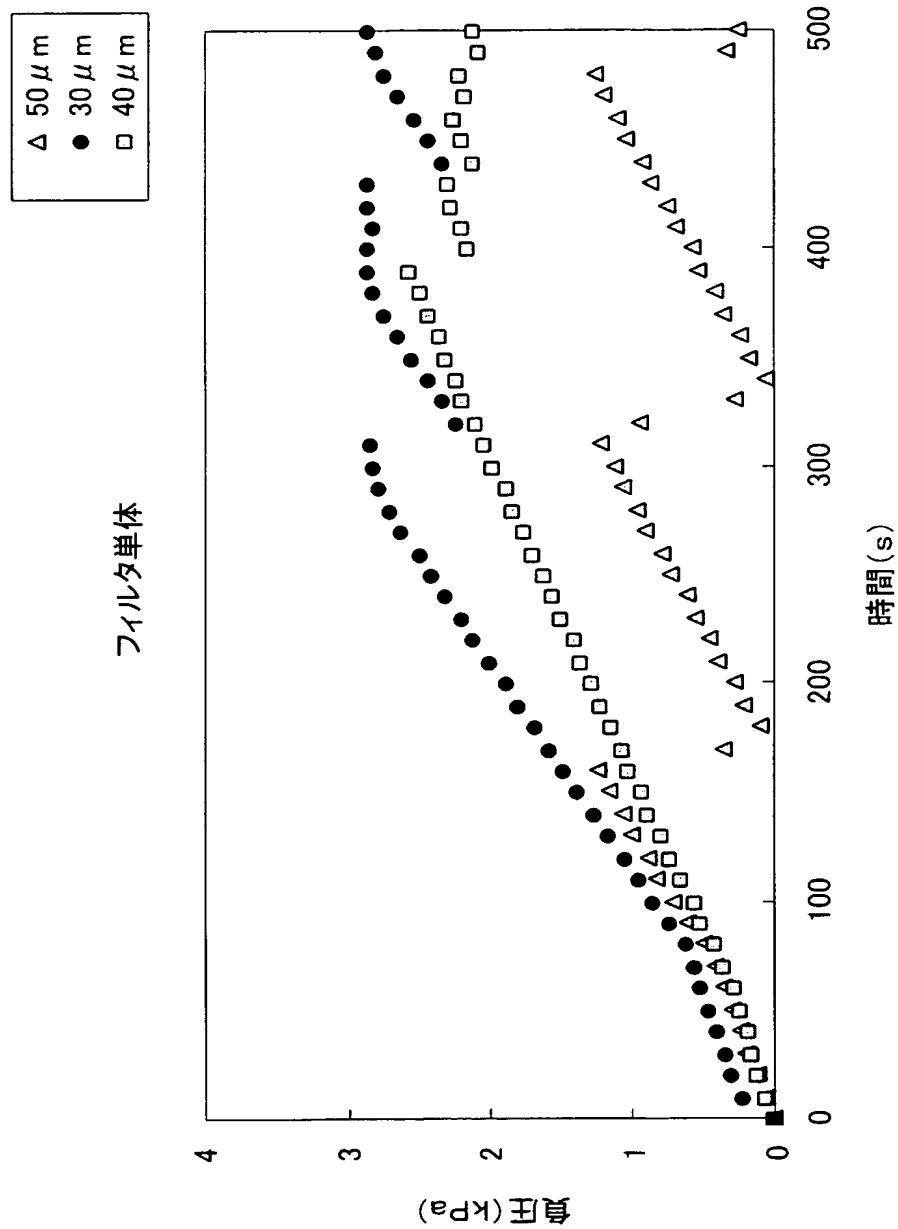
【図 6】



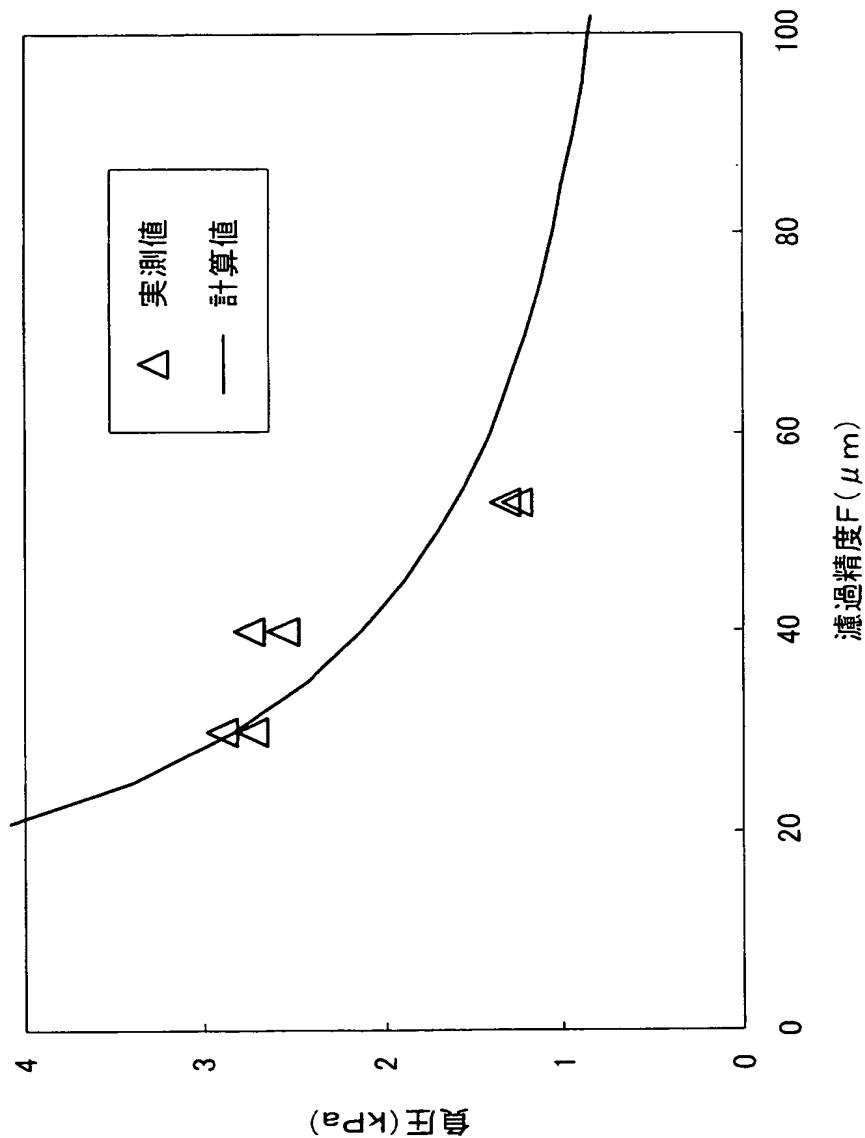
【図7】



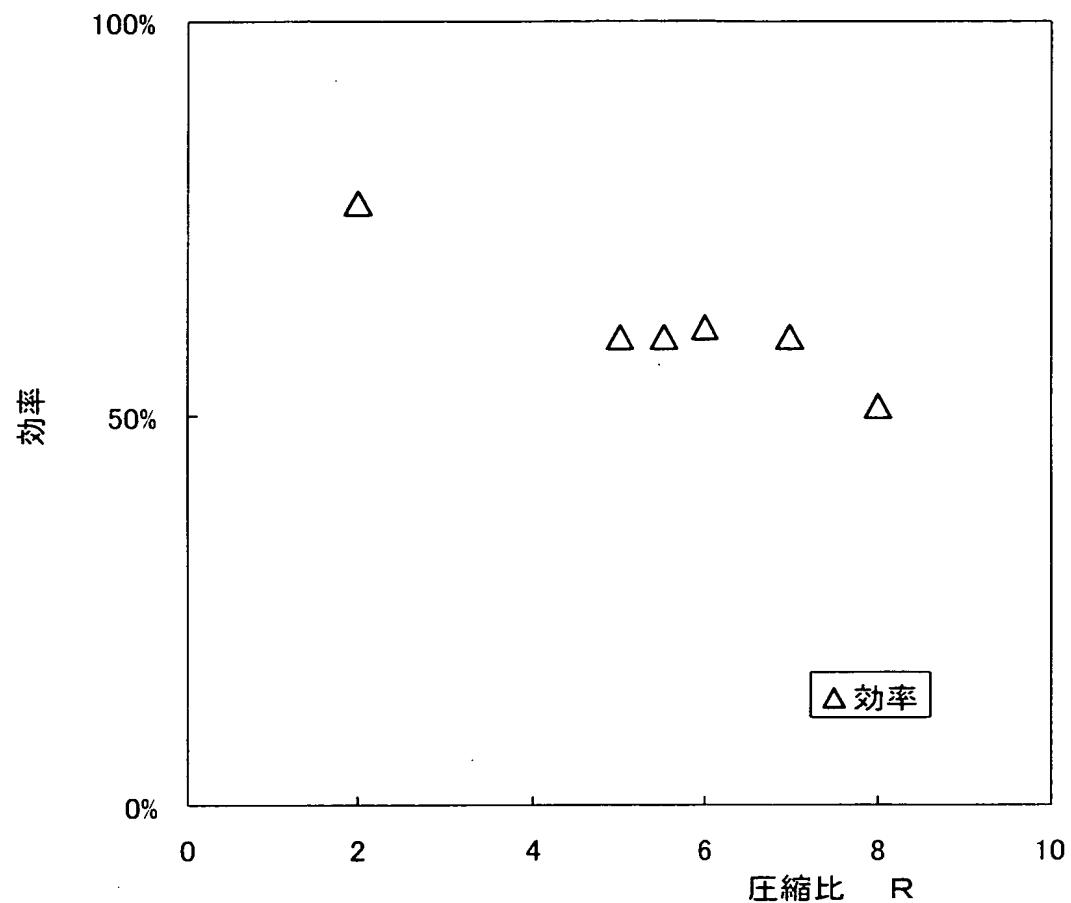
【図8】



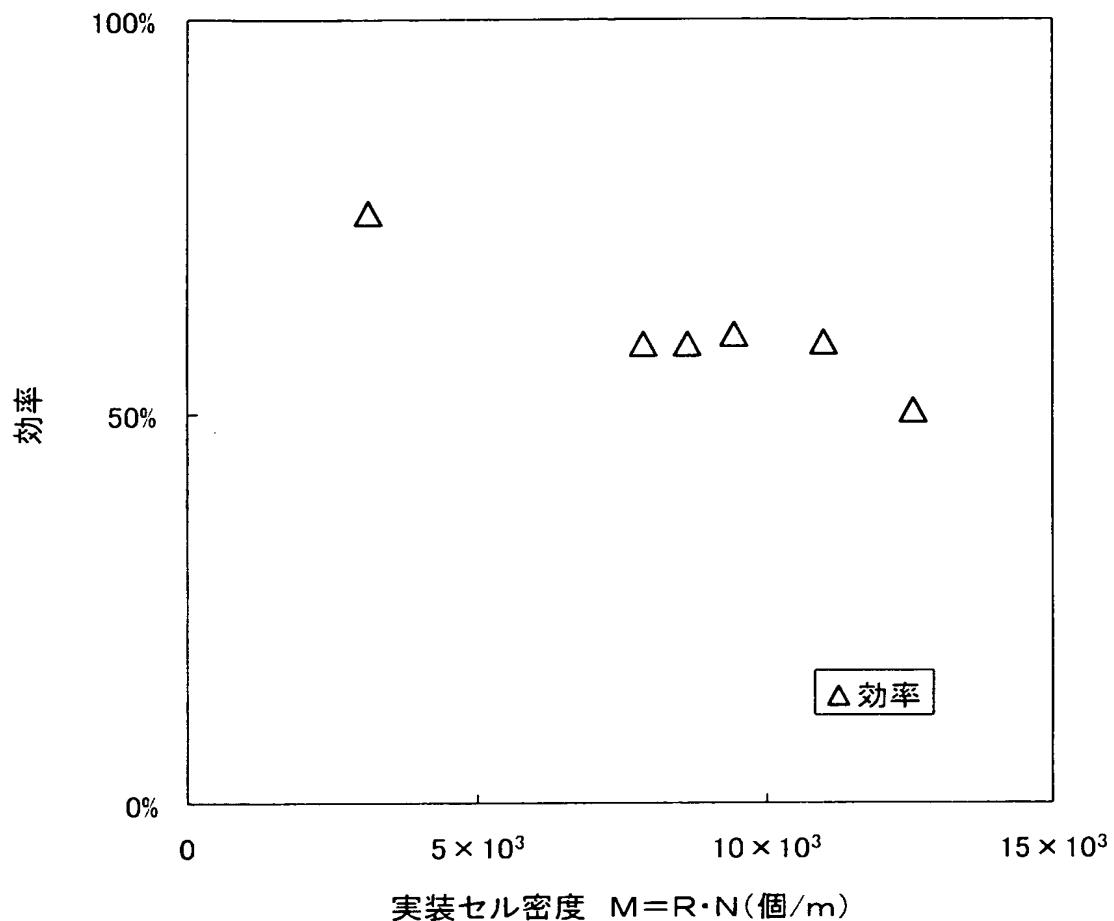
【図9】



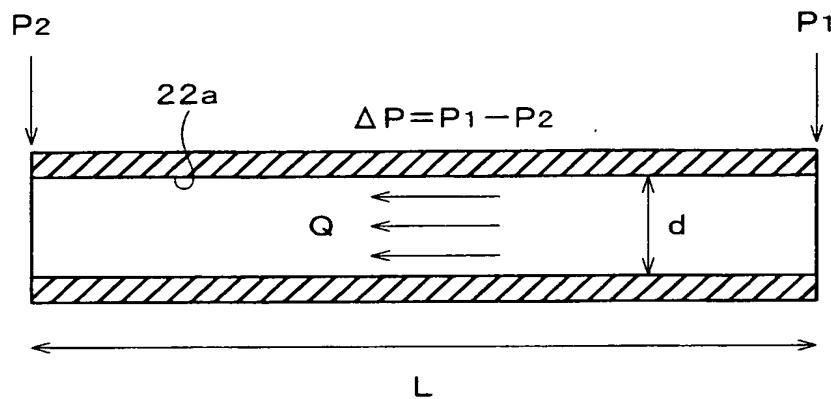
【図10】



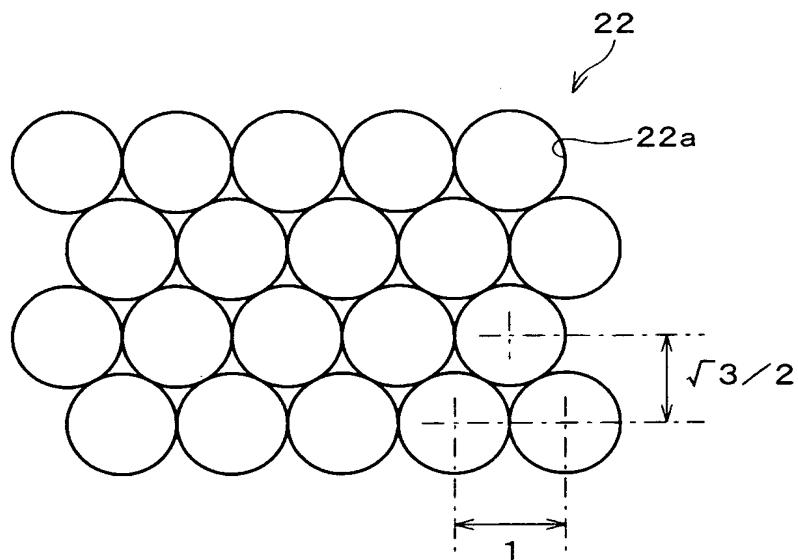
【図11】



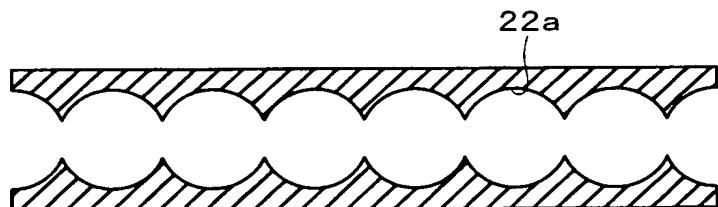
【図12】



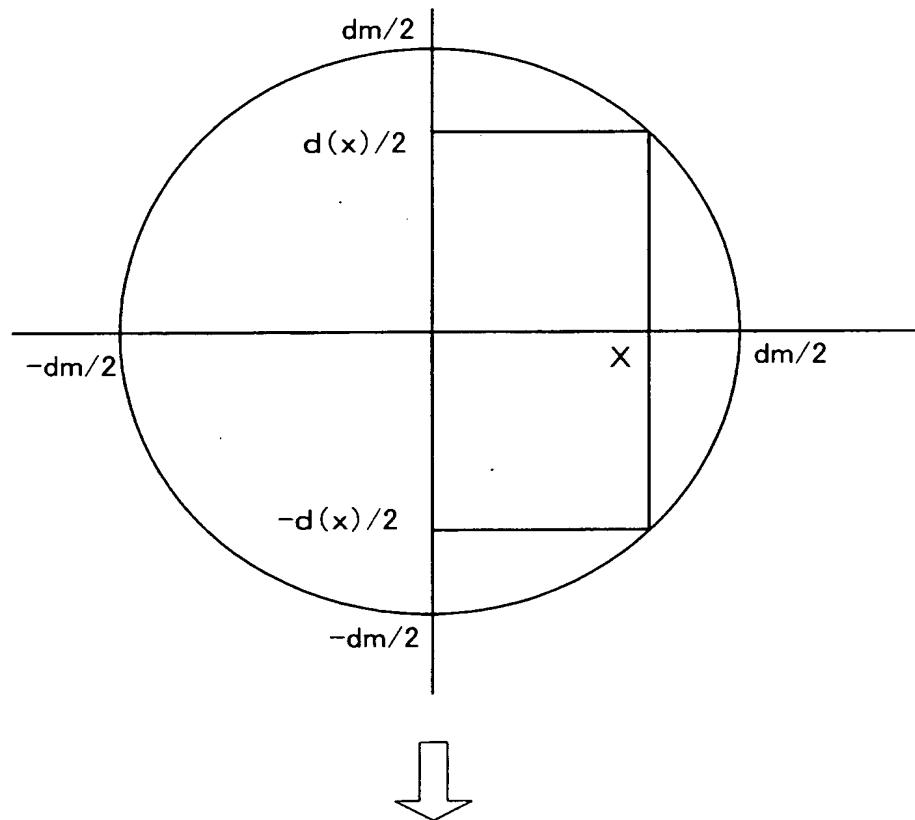
【図13】



【図14】



【図15】

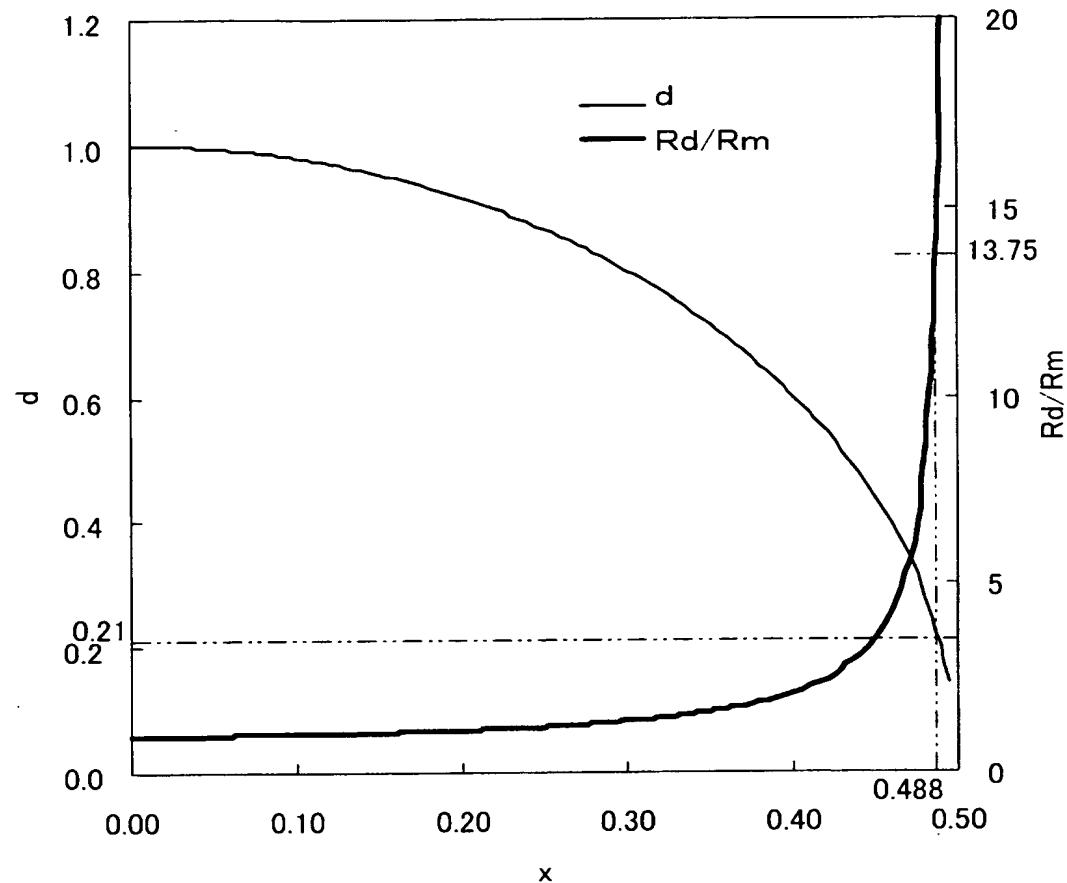


$$Rd = \int_0^x \frac{1}{\{2\sqrt{(dm/2)^2 - X^2}\}^4} dX$$

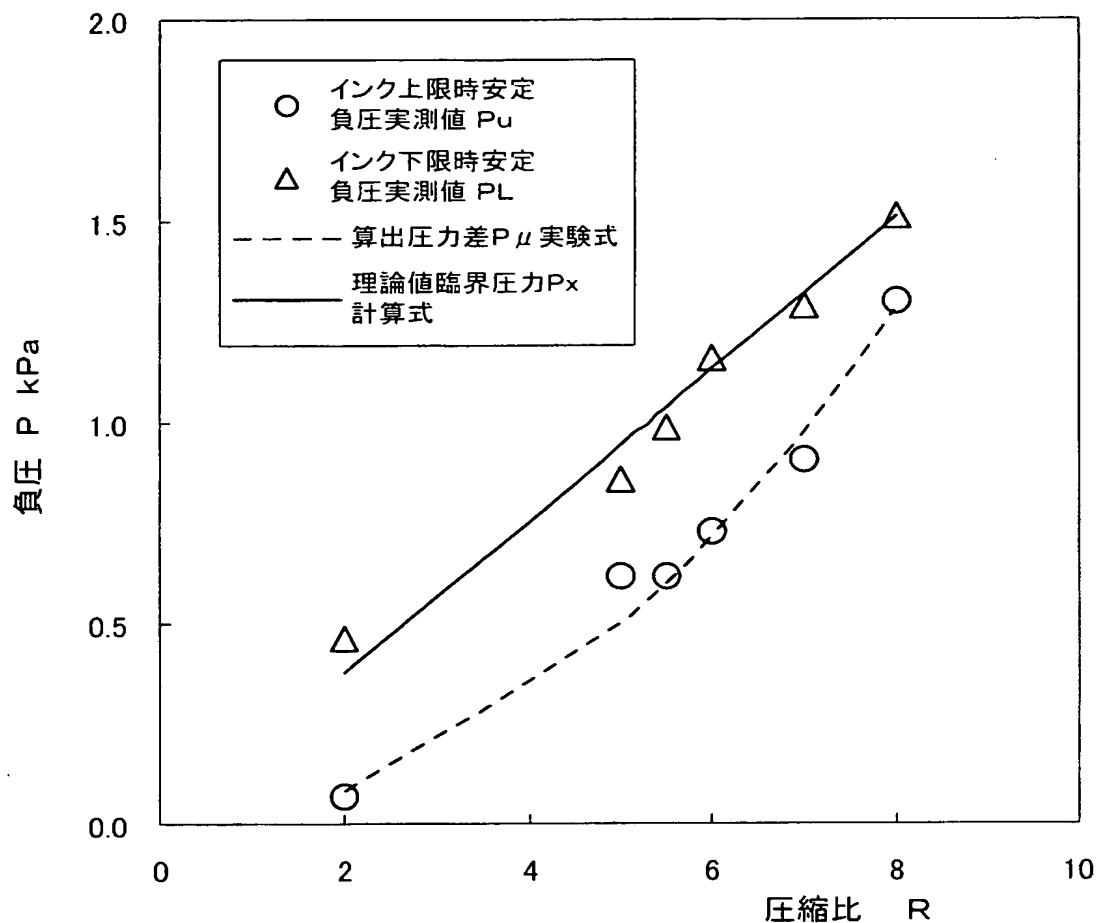
$$Rm = \int_0^x \frac{1}{dm^4} dX$$

【図16】

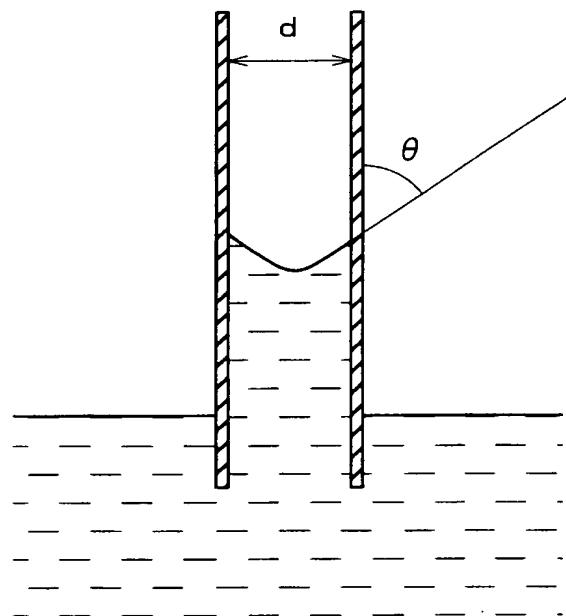
$Rd/Rm = 13.7$ となる
正規化直径は約0.21



【図17】

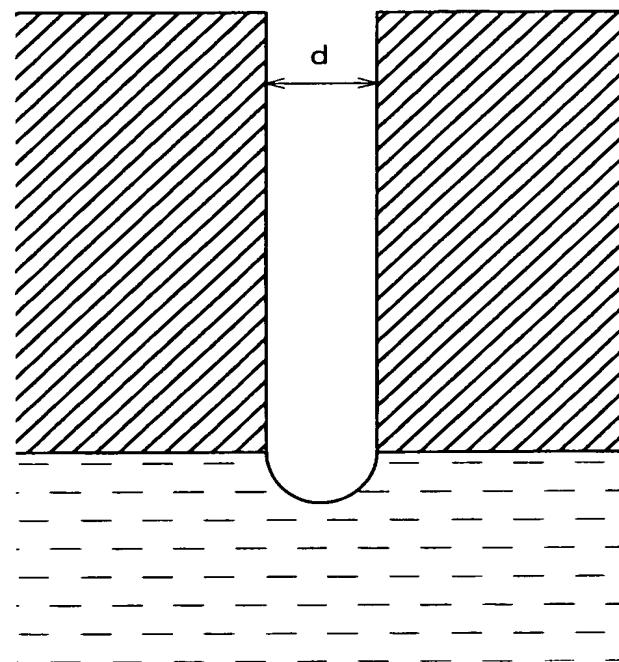


【図18】



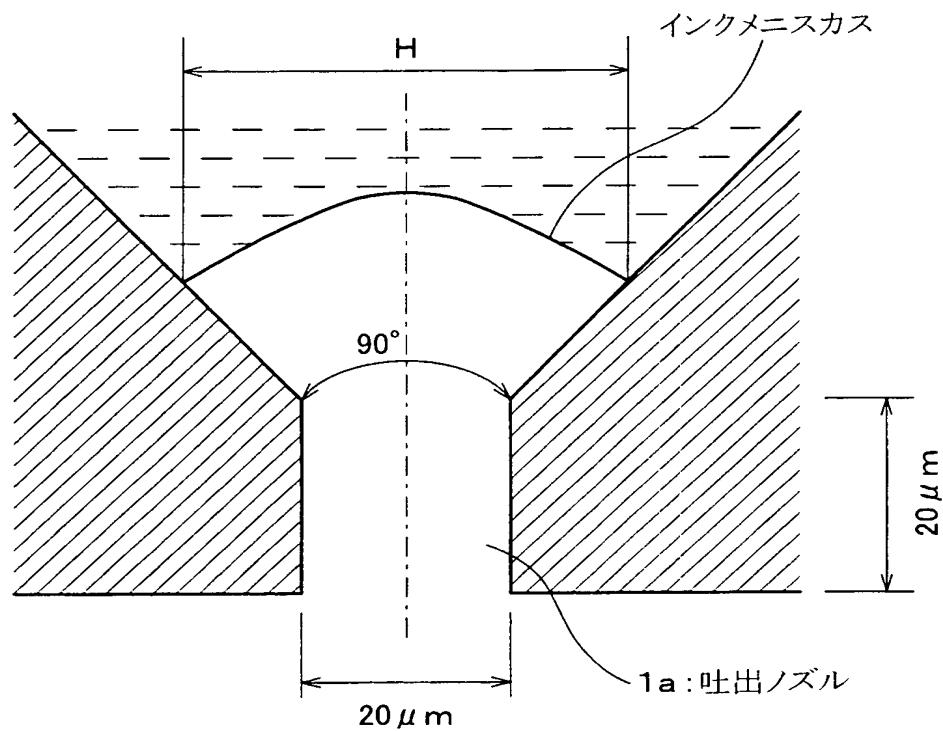
$$Pt = 4 \eta \cos \theta / d$$

【図19】

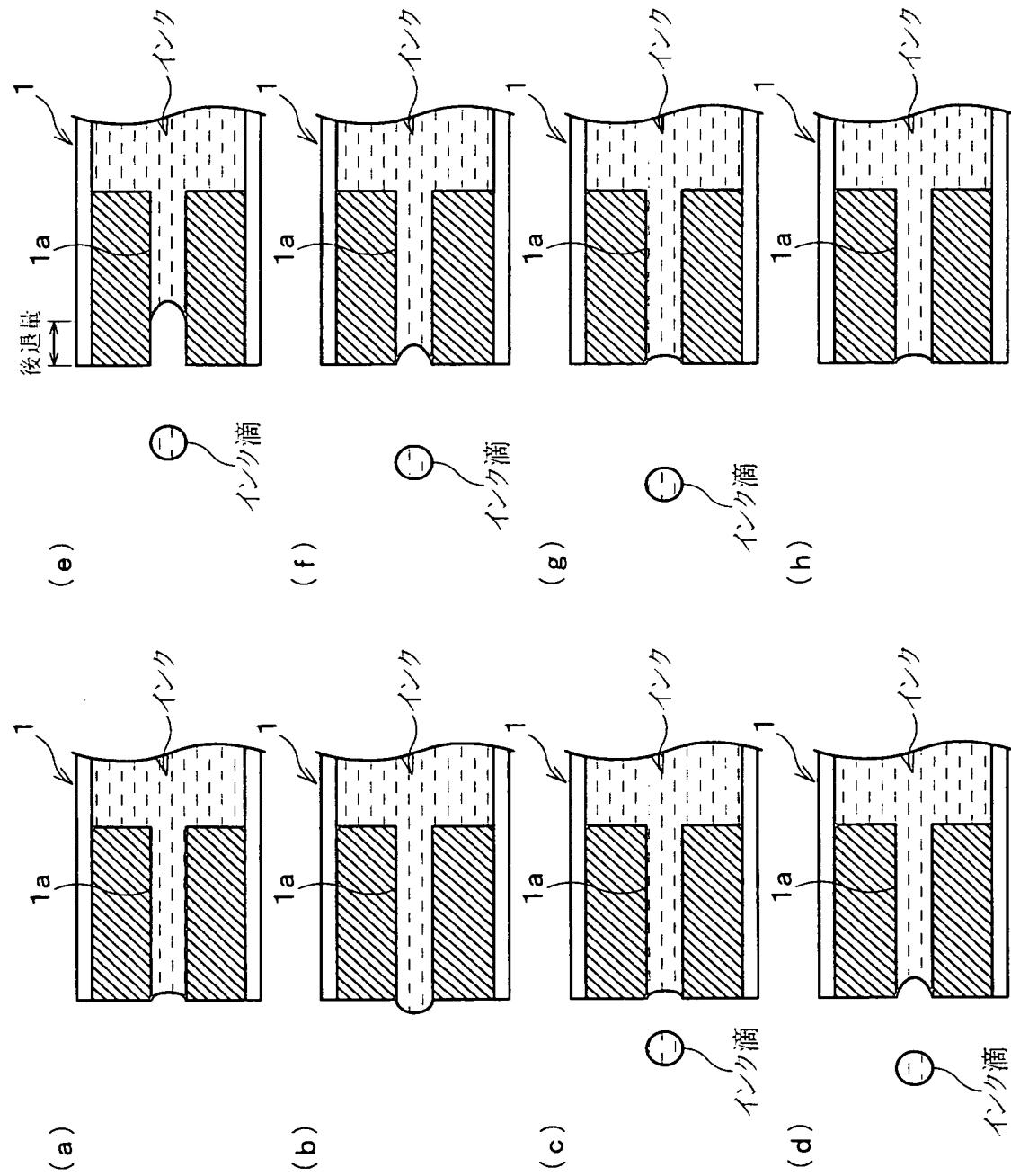


$$Pt = 4 \eta / d$$

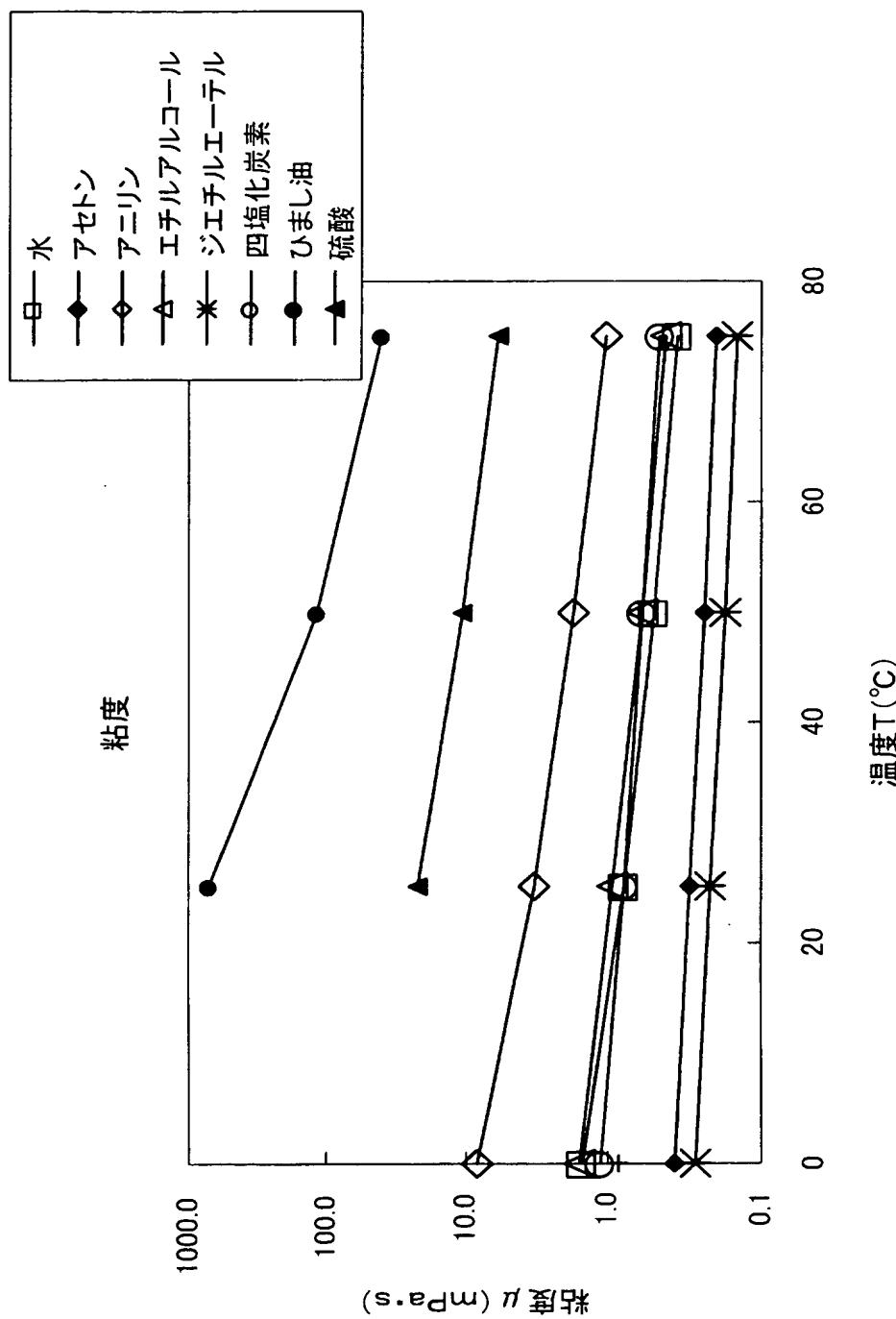
【図20】



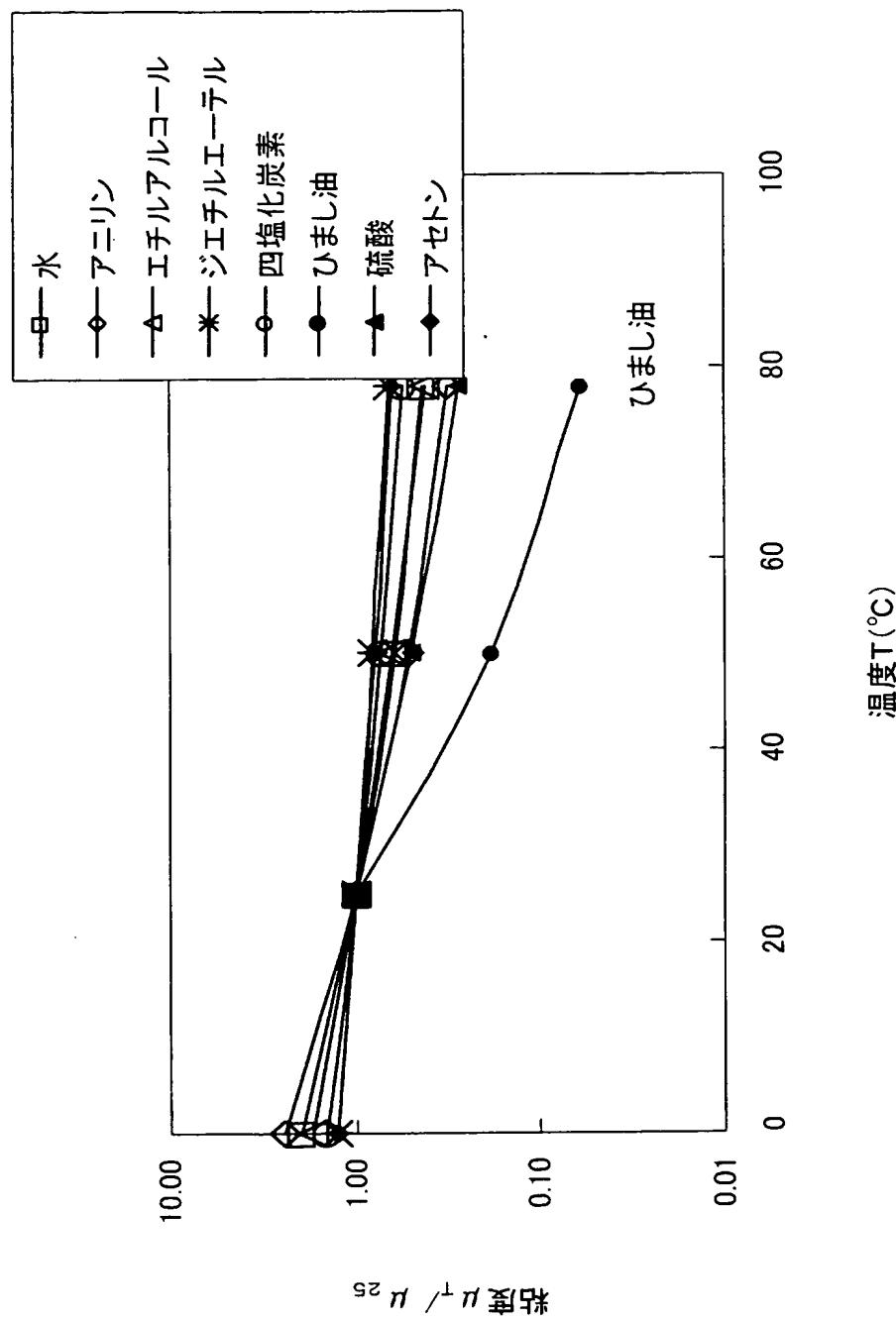
【図21】



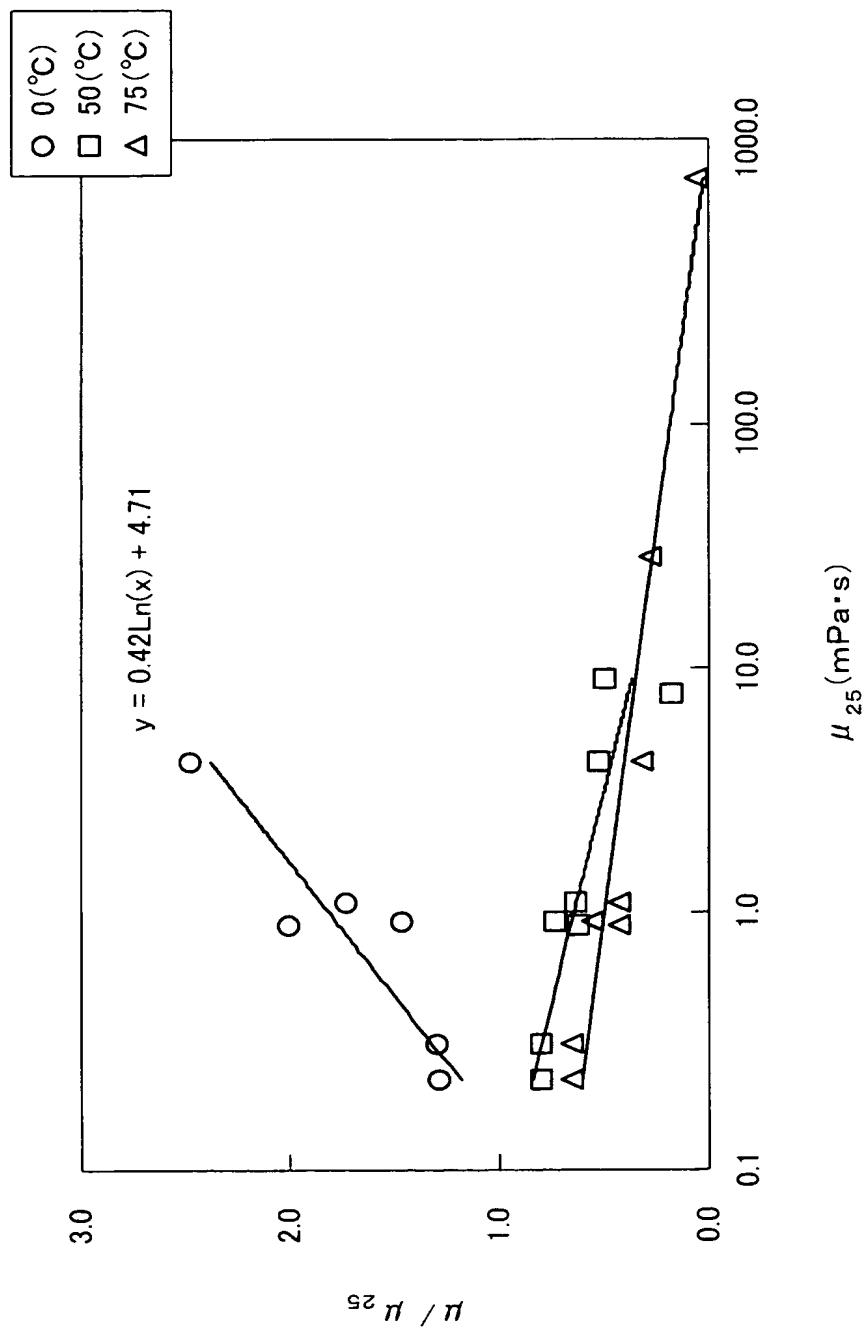
【図22】



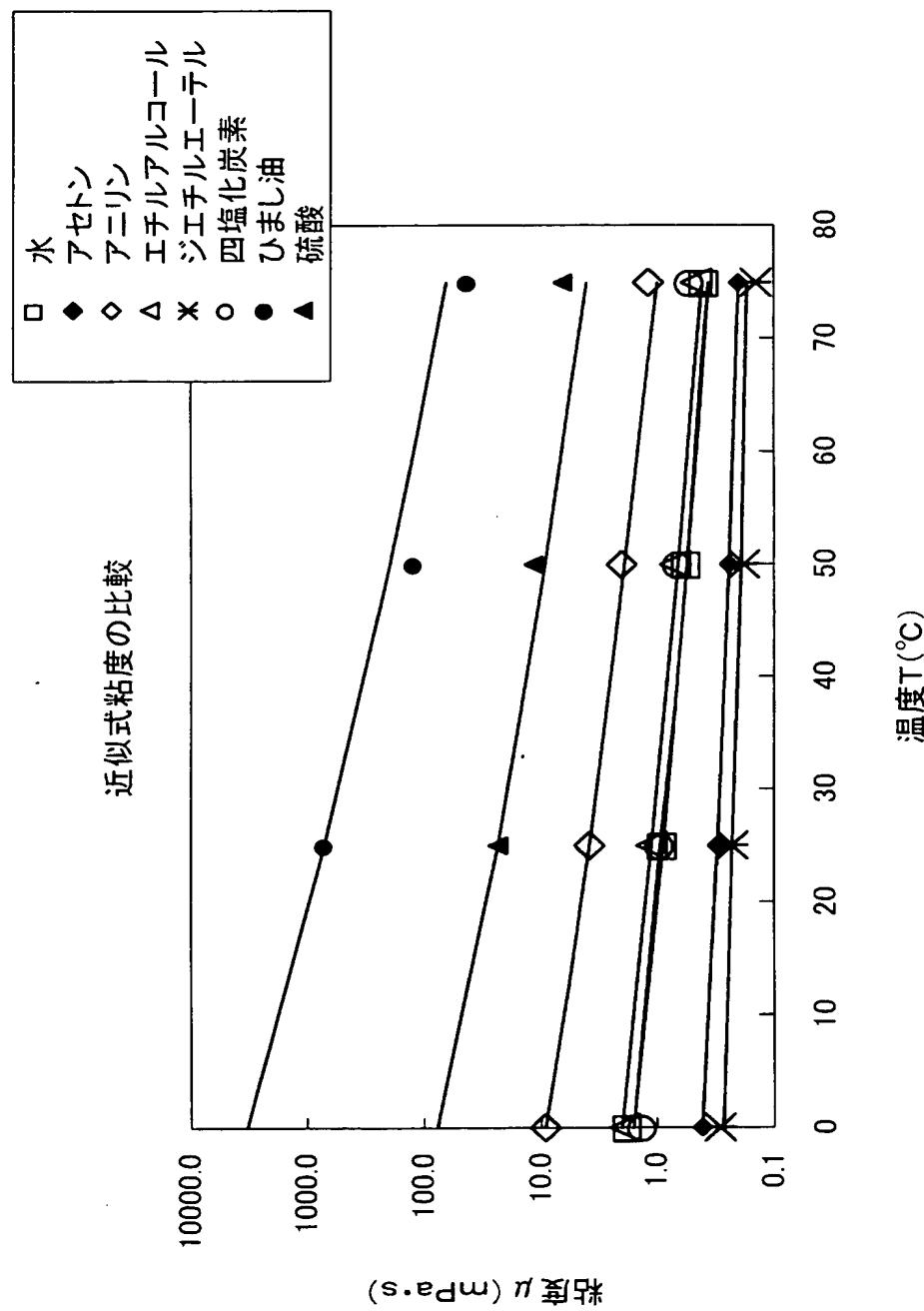
【図23】



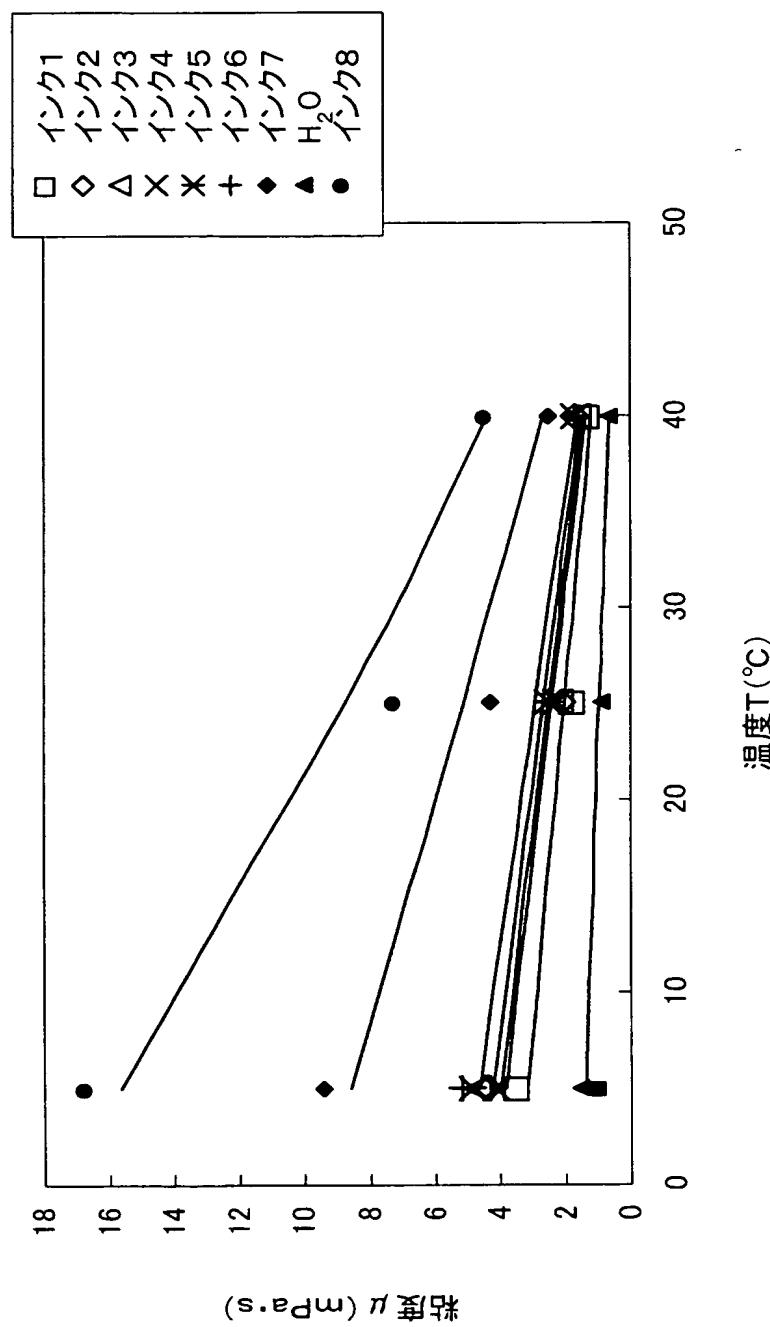
【図24】



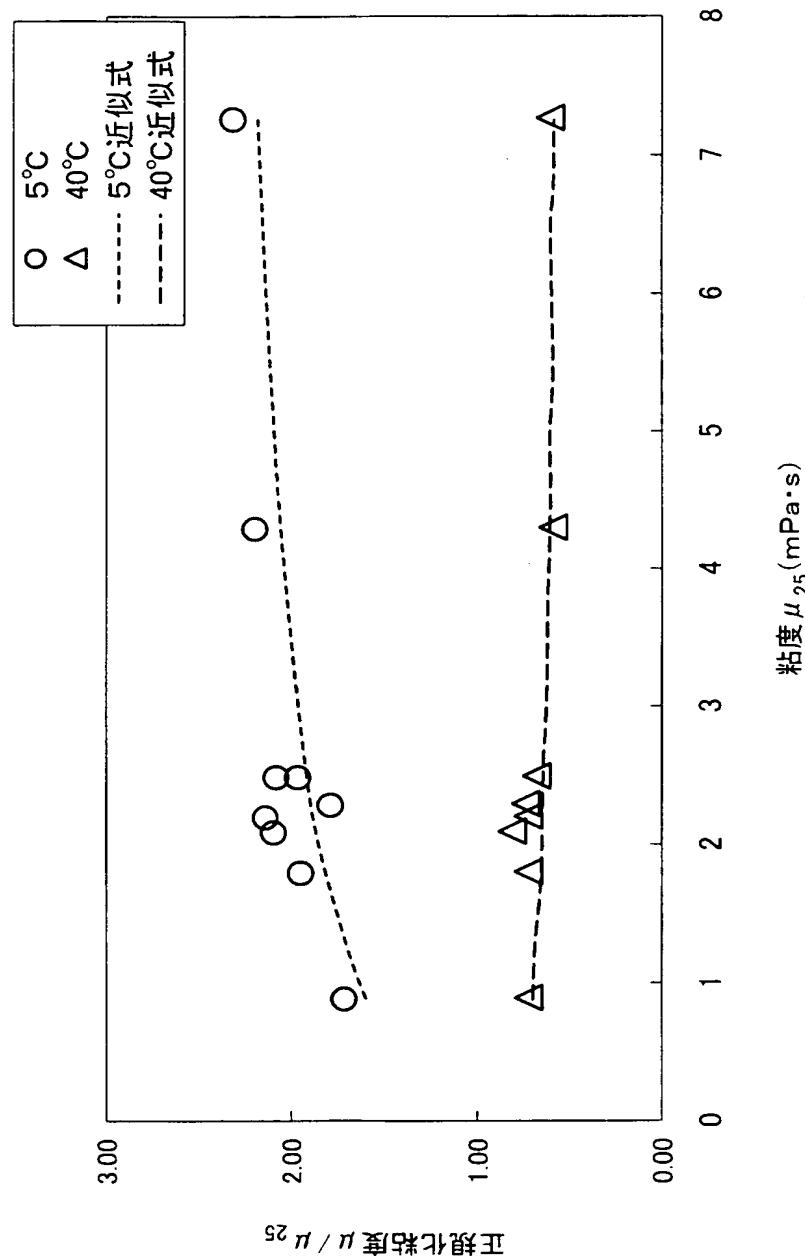
【図25】



【図26】



【図27】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 インク残量の低下以外の要因による、インク供給経路内への空気混入を防止することができる画像形成装置を提供する。

【解決手段】 画像形成装置は、多孔質のインク収納体22が収納されたインクタンク21と、該インクタンク21から印字ヘッドにインクを供給するインク供給経路3とを備えると共に、上記インク供給経路3内部にはフィルタ23が設けられ、上記フィルタ23の濾過精度をF(m)、上記インクタンク21に収納する前のインク吸収体22のセル密度をN(個/m)、上記インクタンク21に収納される前に対する上記インクタンク21に圧縮されて収納されたときの上記インク吸収体22の体積比で示される圧縮比をRとすると、 $F' < 1 / (N \cdot R)$ を満足する。但し、フィルタ23の開口が円形の場合は $F' = F$ 、その他の場合は $F' = \sqrt{2} \cdot F$ である。

【選択図】 図1

特願2003-020912

出願人履歴情報

識別番号 [000005049]

1. 変更年月日 1990年 8月29日
[変更理由] 新規登録
住所 大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号
氏名 シャープ株式会社